

Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bidang Kelistrikan

ELECTRICAL SAFETY



Ketut Ima Ismara
Eko Prianto

K. Ima Ismara
Eko Prianto

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

di Bidang Kelistrikan

ELECTRICAL SAFETY

© 2016, Penerbit adimeka, CV Adicandra Media Grafika
Keselamatan dan Kesehatan Kerja (xiv +375); 21 × 29,7 cm)

Judul Buku : Keselamatan dan Kesehatan Kerja
di Bidang Kelistrikan
(Electrical Safety)
Penulis : K. Ima Ismara
Eko Prianto
Editor : Eko Prianto
Desain Sampul : Eko Prianto
Cetakan ke-1 : 2016
ISBN : 978-602-7615-11-3

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari pemegang hak
cipta, kecuali mencantumkan identitas pemegang hak cipta.
Diterbitkan oleh penerbit adimeka, CV Adicandra Media Grafika
Dicetak di Imajimu Solo

Kata Sambutan

Buku Kesehatan dan Keselamatan Kerja Kelistrikan (Electrical Safety) yang ditulis oleh Bapak Ketut Ima Ismara dan Eko Prianto menguraikan dasar-dasar pengetahuan ketenagalistrikan yang melandasi pedoman keselamatan kerja di bidang kelistrikan. Manfaat dan peran tenaga listrik bagi kehidupan manusia sejahtera tidak dapat dipungkiri lagi, listrik semakin menjadi kebutuhan hajat hidup orang banyak. Tenaga listrik merupakan penggerak utama pertumbuhan ekonomi dan industri, menghidupi perangkat informasi dan komunikasi antar umat manusia, menerangi kegiatan belajar dan produksi, dan memberikan kenyamanan di rumah, di kantor dan di mana saja. Namun di balik manfaat yang luar biasa ini, listrik juga mengandung bahaya bagi umat manusia dan sarana, jika tidak ditangani dengan benar.

Buku ini dapat menjadi pedoman Keselamatan Kerja Kelistrikan bagi siswa Sekolah Menengah dan Politeknik kejuruan, karena memberikan landasan teori dan petunjuk-petunjuk praktis dasar keselamatan kelistrikan. Juga bagi pekerja teknis dan pengawas kerja yang terkait dengan kelistrikan di bidang desain dan konstruksi/instalasi, operasi, dan perawatan, di sisi penyediaan, transmisi, distribusi, hingga pemanfaat tenaga listrik, baik di industri, perumahan, perkantoran, maupun bangunan komersial.

Isi buku ini memang tidak lengkap, tidak mencakup berbagai sumber kelistrikan, bermacam instalasi kelistrikan, dan aneka ragam pemanfaat listrik. Namun buku ini memberi landasan keselamatan kerja di bidang kelistrikan yang sangat mendasar dan dapat dikembangkan untuk mempelajari dan memahami aspek-aspek keselamatan listrik yang beraneka ragam tersebut. Disarankan agar para teknisi yang bekerja di bidang kelistrikan dan para pemanfaat tenaga listrik membaca pedoman keselamatan yang selalu ada pada buku petunjuk atau manual yang menyertai setiap peralatan baru dan menyiapkan / mengikuti Standard Operating Procedure yang dibuat untuk pengoperasian dan pemeliharaan peralatan dan/atau sistem ketenagalistrikan.

Saya ucapkan selamat dan penghargaan tinggi atas karya tulis Bapak-bapak K. Ima Ismara dan Eko Prianto.

Anton S. Wahjosoedibjo



Anton S. Wahjosoedibjo

- ✓ Anggota Kehormatan & Anggota Dewan Pakar Masyarakat Ketenagalistrikan Indonesia (MKI)
- ✓ Anggota Dewan Pembina Masyarakat Energi Terbarukan Indonesia (METI), Masyarakat Konservasi dan Efisiensi Energi Indonesia (MASKEEI), dan Asosiasi Panasbumi Indonesia (API)
- ✓ President Director PT Pranata Energi Nusantara (PENConsulting)
- ✓ Mantan Senior Vice President & Deputy Managing Director PT Caltex Pacific Indonesia
- ✓ Sarjana Elektro ITB (1962), Moore School of Graduate Electrical Engineer, University of Pennsylvania, Philadelphia (1966), dan Petroleum Professional Diploma dari International Petroleum Institute, Tulsa Oklahoma (1976)
- ✓ Mulai berkarir di bidang Pembangunan dan Pemeliharaan serta Pusat Perbengkelan di PT Caltex Pacific Indonesia (CPI) sejak 1962. Membangun Bagian Pembangkit, Transmisi, dan Distribusi Tenaga Listrik di CPI pada tahun 1969 dan menjadi Kepala Bagian tersebut pada awal 1972 hingga 1975. Memulai pelatihan ahli teknik ketenagalistrikan mencakup teknik pengoperasian dan pemeliharaan PLTG, sistem SCADA, dan perawatan dalam keadaan bertegangan (PDKB).
- ✓ Sekembali dari penugasan di luar negeri I, berturut-turut diangkat sebagai District Superintendent Minas, Division Manager Employee Relations (sekarang VP Human Resources), VP Production Operations, VP Production and Drilling, kemudian sekembali dari penugasan di luar negeri II: Senior VP Jakarta dan Senior VP & Deputy Managing Director.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Alloh SWT yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk menyusun buku Kesehatan Dan Keselamatan Kerja di Bidang Kelistrikan (Electrical Safety) ini. Buku ini kami susun dengan tujuan untuk memberikan pedoman mengenai materi tentang kesehatan dan keselamatan kerja di bidang kelistrikan yang sangat penting diterapkan di dalam suatu industri mulai dari pimpinan sampai bawahan.

Buku ini disusun dalam beberapa bab, diawali dengan pengetahuan dasar mengenai kelistrikan berupa definisi, besaran-besaran, hukum-hukum dan peralatan kelistrikan serta bahaya yang dapat ditimbulkannya. Pembahasan mengenai peralatan listrik rumah tangga dan industri dan dilanjutkan dengan proteksi dan grounding merupakan bahan yang dapat dijadikan sebagai pedoman didalam menyusun instalasi yang aman, baik dalam skala rumah tangga sampai industri. Identifikasi mengenai bahaya kelistrikan dan bagaimana cara pemantauan dan pengukuran dibutuhkan didalam menyusun sebuah standarisasi kesehatan dan keselamatan kerja di bidang kelistrikan. Kemudian didukung adanya bahaya kelistrikan ditinjau dari aspek medis.

Pengenalan mengenai kesehatan dan keselamatan kerja berbasis ZEROZICKS serta alat pelindung diri yang dibutuhkan di dalam melakukan suatu pekerjaan merupakan syarat yang harus dipenuhi di dalam bekerja. Apabila terjadi suatu kecelakaan kerja, penanganan kecelakaan kerja harus mengikuti prosedur penanganan kecelakaan kerja untuk menanggulangi dan mengatasi efek yang ditimbulkan dari kecelakaan tersebut. Di dalam buku ini disajikan pula mengenai organisasi apa saja yang mengatur kesehatan dan keselamatan kerja, serta human factor dan human error yang menjadi salah satu penyebab dari kecelakaan kerja.

Seluruh materi tersebut dijadikan sebagai bahan di dalam pelaksanaan sebuah Pendidikan dan Pelatihan Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang harus diterapkan mulai dari skala rumah tangga sampai industri. Manajemen dan Struktur Organisasi Kesehatan dan Keselamatan Kerja merupakan contoh penerapan pengorganisasian di dalam pelaksanaan kesehatan dan keselamatan kerja di industri serta Pekerjaan Dalam Kondisi Bertegangan (PDKB) menjadi pelengkap materi di dalam penyusunan buku pedoman ini.

Ucapan terimakasih kami berikan kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan buku pedoman ini, khususnya kepada Dewi Istiqomah Yanti, Riaya dan Alexandria Jaya Wardhana sehingga buku ini dapat diselesaikan.

PRAKATA

PENGENALAN KONSEP DASAR K3

Safety berasal dari bahasa Inggris yang berarti keselamatan. Istilah safety lebih sering digunakan oleh hampir semua kalangan, sebagian besar perusahaan lebih memilih menggunakan istilah safety daripada keselamatan. Safety dapat diartikan sebagai suatu kondisi dimana seseorang akan terbebas dari kecelakaan atau bahaya yang dapat menyebabkan kerugian baik secara material maupun spiritual. Penerapan safety berkaitan erat dengan pekerjaan, sehingga safety lebih sering diartikan sebagai keselamatan kerja. Safety tidak dapat dipisahkan dengan kesehatan (Health) dan lingkungan (Environment) atau lebih dikenal dengan Safety Health Environment (SHE) atau Occupational Health & Environment Safety (OH&ES). Secara luas safety dapat diartikan sebagai kondisi dimana tidak terjadi atau terbebasnya manusia dari kecelakaan, penyakit akibat kerja dan kerusakan lingkungan akibat polusi yang dihasilkan oleh proses produksi.

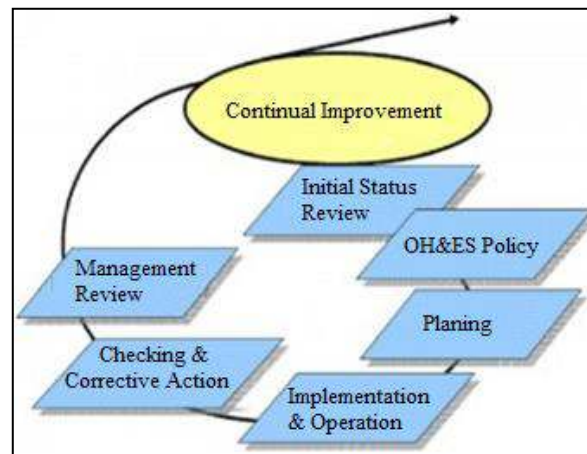
Faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan dapat dipelajari dengan pendekatan keilmuan yang kemudian dikembangkan menjadi konsep dan teori tentang kecelakaan. Teori kecelakaan memusatkan perhatiannya melalui tiga faktor penyebab utama kecelakaan, yaitu peralatan, cara kerja dan manusia atau pekerja. Seorang ahli keselamatan kerja Heinrich (1931) mengembangkan suatu konsep teori terjadinya kecelakaan yang dikenal dengan teori domino. Berdasarkan teori tersebut, kecelakaan diakibatkan oleh lima faktor yang berdampak secara berurutan seperti lima kartu domino yang berderet sejajar. Apabila kartu bagian depan terjatuh maka akan mengakibatkan jatuhnya kartu-kartu yang berada dibelakangnya secara berantai. Kelima faktor tersebut adalah kebiasaan, kesalahan seseorang, perbuatan, kondisi tidak aman dan kecelakaan. Apabila rantai penyebab tersebut diputus salah satu maka kecelakaan dapat dihindarkan.

Tahun 1967 seorang ahli safety lainnya bernama Birds memodifikasi teori domino milik Heinrich. Konsep dasar teori Birds menyatakan bahwa setiap kecelakaan disebabkan oleh lima faktor yang berurutan, yaitu manajemen, sumber penyebab dasar, gejala, kontak dan kerugian. Teori ini menekankan bahwa manajemen memegang peran penting dalam mengurangi terjadinya kecelakaan. Birds menyatakan bahwa kesalahan manajemen merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan, sedangkan tindakan tidak aman (unsafe act) dan kondisi tidak aman (unsafe condition) merupakan penyebab langsung suatu kecelakaan.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Birds menyatakan bahwa setiap satu kecelakaan berat disertai oleh 10 kejadian kecelakaan ringan, 30 kejadian kecelakaan yang menimbulkan kerusakan harta benda dan 600 kejadian hampir celaka. Biaya yang dikeluarkan perusahaan akibat kecelakaan kerja dengan membandingkan biaya langsung dan biaya tak langsung adalah 1 : 5 – 50. Biaya kerugian yang diakibatkan dari suatu kejadian adalah biaya pengobatan dan biaya kompensasi. Biaya lain yang jauh lebih besar adalah waktu investigasi, kehilangan waktu produksi, cacat produksi, menurunnya tingkat kepercayaan pelanggan. Implementasi keselamatan kerja menggunakan model konsep PDCA (Plan Do Check Action) yang merupakan model implementasi yang sistematis dengan prinsip dasar perbaikan secara terus menerus (continuous improvement). Model PDCA dapat digunakan ketika akan memulai project baru, melakukan perubahan suatu proses yang telah berjalan, melakukan pengembangan atau perbaikan sistem dan ketika akan melakukan perubahan apapun.

- a. **Plan (Perencanaan)**, yaitu perencanaan program yang sesuai dengan tujuan dan permasalahan yang ada atau berdasarkan OH&ES Policy. Contohnya: mencari tahu major accident yang sering terjadi, kemudian mencari penyebab atau sumber bahayanya, dan membuat rencana penanggulangannya.
- b. **Do (Pelaksanaan)**, yaitu melaksanakan program yang sudah ditetapkan sebelumnya. Tahap ini akan melibatkan seluruh departemen, dan biasanya mengacu pada sistem manajemen atau prosedur yang berlaku. Contohnya: pelaksanaan tolok ukur untuk mengontrol bahaya (work permit), pelaksanaan manajemen K3.
- c. **Check (Pengecekan)**, memastikan semua program berjalan sesuai dengan rencana dan waktu yang telah disepakati sebelumnya. Pengecekan dapat dilakukan dalam bentuk audit atau manajemen review. Contohnya: memastikan bahwa work permit digunakan secara benar.
- d. **Action (Tindakan)**, yaitu melakukan perbaikan terhadap temuan atau kekurangan pelaksanaan program yang sudah ditetapkan.

Model siklus PDCA dalam implementasi kesehatan dan keselamatan kerja digambarkan seperti berikut:



Gambar 1. Model Siklus PDCA Dalam Implementasi K3

Kerangka berpikir yang sistematis mengenai penjabaran zerosicks tentunya tidak sembarangan diterapkan dalam kehidupan suatu organisasi. Usaha penerapan di lingkungan kerja diperlukan pengorganisasian secara baik dan benar, maka diperlukan suatu sistem manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (SMK3) yang saling berintegrasi. Melalui SMK3, pola pikir dan berbagai pendekatan kemudian diintegrasikan ke dalam seluruh kegiatan operasional agar dapat berproduksi dan menghasilkan produk dengan cara yang sehat, aman dan efisien serta tidak menimbulkan dampak lingkungan yang tidak diinginkan.

Dasar hukum penerapan SMK3 di tempat kerja yang mempekerjakan lebih dari 100 orang dan mengandung potensi bahaya yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja adalah:

- a. UU No. 1 tahun 1970 tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja
- b. Peraturan Menteri No. Per. 05 / MEN / 1996 tentang Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja
- c. Peraturan perundangan lainnya yang berkaitan dengan peraturan menteri tersebut

Salah satu fungsi dari manajemen disemua tingkatan adalah untuk mengontrol suatu proses. Faktor-faktor yang menyebabkan kurang baiknya kontrol dari manajemen adalah:

- a. Kebijakan K3 yang tidak tepat
- b. Program k3 yang tidak memenuhi standar persyaratan
- c. Implementasi program yang tidak sepenuhnya dijalankan atau didukung oleh pekerja

Secara garis besar, program SMK3 di suatu perusahaan harus memenuhi hal-hal berikut ini:

- a. Kepemimpinan dan administrasinya
- b. Manajemen k3 yang terpadu
- c. Pengawasan dan kontrol
- d. Analisis pekerjaan dan prosedural
- e. Penelitian dan analisis pekerjaan
- f. Training bagi pekerja
- g. Pelayanan kesehatan bagi pekerja
- h. Penyediaan alat pelindung diri (APD)
- i. Peningkatan kesadaran pekerja terhadap k3
- j. Sistem audit
- k. Laporan dan pendataan

Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penerapan SMK3 diantaranya adalah:

a. Melindungi Pekerja

Pekerja merupakan aset perusahaan yang sangat penting, maka usaha untuk melindungi pekerja dari segala bentuk kecelakaan dan penyakit akibat kerja sangat diutamakan. Angka kecelakaan dapat dikurangi bahkan ditiadakan sama sekali, sehingga akan menguntungkan perusahaan karena pekerja yang merasa aman akan bekerja lebih semangat dan produktif.

b. Patuh terhadap Peraturan dan Undang-Undang

Perusahaan yang mematuhi peraturan yang berlaku akan terlihat lebih sehat, lebih tertib dan dapat meningkatkan citra positif dari perusahaan.

c. Meningkatkan Kepercayaan dan Kepuasan Pelanggan

Penerapan SMK3 secara baik akan mempengaruhi kepercayaan dan kepuasan pelanggan. Banyak pelanggan yang mensyaratkan pemasok mereka untuk menerapkan SMK3 atau OHSAS 18001. Penerapan SMK3 dapat menjamin proses yang aman, tertib dan bersih sehingga kualitas produksi meningkat dan mengurangi cacat produk. Pelanggan akan melakukan audit K3 terhadap pemasok untuk memastikan bahwa pekerja terlindungi dengan baik dan proses produksi dilakukan secara aman. Tujuannya untuk memastikan bahwa mereka sedang berbisnis dengan perusahaan yang bisa menjamin kontinuitas suplai bahan baku.

d. Membuat Sistem Manajemen yang Efektif

Penerapan SMK3 atau OHSAS 18001 akan mempengaruhi sistem manajemen K3 yang tertata dengan baik dan efektif. SMK3 dan OHSAS 18001 mensyaratkan adanya prosedur yang terdokumentasi, sehingga segala aktifitas dan kegiatan yang dilakukan akan terorganisir, terarah, berada dalam koridor yang teratur dan dilakukan secara konsisten.

Rekaman dokumentasi merupakan bukti penerapan yang disimpan untuk memudahkan pembuktian identifikasi akar masalah kejadian, sehingga analisis kejadian tidak melebar dan berlarut-larut. Sistem ini juga mensyaratkan untuk melakukan perencanaan, pengendalian, peninjauan ulang, umpan balik, perbaikan dan pencegahan secara berkala. Semua itu merupakan bentuk sistem manajemen yang efektif.

Sistem ini diperlukan komitmen manajemen dan partisipasi dari semua karyawan, sehingga totalitas keterlibatan semua aspek manajemen dan pekerja sangat dituntut dalam menjalankan program yang berkaitan dengan K3. Keterlibatan secara totalitas akan memberikan lebih banyak peluang untuk melakukan peningkatan atau perbaikan yang lebih efektif bagi perusahaan. Persaingan dunia kerja khususnya industri mengakibatkan penerapan K3 menjadi sangat penting untuk diterapkan secara sistematis dan terarah.

Pengalaman negara lain sudah menunjukkan pertumbuhan K3 melalui fase kesejahteraan, fase produktivitas kerja, dan toksikologi industri. Penerapan K3 di Indonesia masih sangat rendah dibandingkan dengan negara-negara lain, yaitu berada di fase kesejahteraan. Sebagian perusahaan yang bertaraf internasional, sudah mengarah ke fase peningkatan produktivitas kerja, misalnya program K3 disesuaikan dengan sistem ergonomis (penyesuaian beban kerja / alat kerja dengan kemampuan dan fisik pekerja).

Penyebab terjadinya kecelakaan akibat kerja dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya:

- a. **Faktor fisik**, seperti penerangan, suhu udara, kelembaban laju rambat udara, kebisingan, vibrasi mekanis, radiasi, tekanan udara, dll
- b. **Faktor kimia**, seperti gas, cairan, uap, debu, asap, dll
- c. **Faktor biologi**, meliputi mikroorganisme, hewan, tumbuh-tumbuhan
- d. **Faktor fisiologis**, seperti konstruksi mesin, sikap tubuh, posisi kerja
- e. **Faktor mental – fisiologis**, seperti susunan kerja, hubungan antara pekerja dengan atasan, pemeliharaan kerja, dll

Faktor-faktor tersebut dapat mengganggu aktivitas kerja seseorang, misalnya penerangan yang kurang dapat mengakibatkan kelelahan mata, suara bising dapat mempengaruhi daya ingat pekerja, sehingga dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja.

DAFTAR ISI

Cover	i
Kata Sambutan	ii
Kata Pengantar	iii
Prakata	iv
Daftar Isi	viii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xxii

BAB I**SEKILAS TENTANG KELISTRIKAN**

A. Tegangan dan Arus	2
B. Definisi Tegangan Volt	5
C. Arus	7
D. Ampere	8
E. Arah Arus	8
F. Baterai	8
G. Resistansi (Hambatan)	12
H. Hukum Ohm	13
I. Saklar (switch)	16
J. Sekering (Fuse) dan Pemutus Rangkaian (Circuit Breaker)	17
K. Sistem Keamanan Listrik	21
L. Praktek Keamanan	32
M. Tanggapan Darurat	34
N. Bahaya Sumber-Sumber Listrik	35
O. Disain Rangkaian yang Aman	37
P. Penggunaan Alat Ukur yang Aman	41
Q. Keselamatan Kerja Kelistrikan	47

BAB II**PERALATAN INSTALASI LISTRIK RUMAH TANGGA DAN INDUSTRI**

A. Peralatan Listrik	50
B. Alat Pengukur	55
C. Peralatan instalasi Listrik Industri	60

BAB III**PROTEKSI DAN GROUNDING**

A. Proteksi.....	68
B. Syarat-syarat Instalasi Listrik.....	69
C. Pengaman Instalasi Rumah Tinggal.....	69
D. Sistem Pentanahan (Grounding).....	71
E. Grounding Peralatan Kelistrikan.....	72
F. Grounding Yang Efektif Untuk Mencegah Kebakaran.....	76
G. Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Pentanahan.....	78
H. Kesimpulan.....	80

BAB IV**IDENTIFIKASI KELISTRIKAN, IDENTIFIKASI BAHAYA PEMANTAUAN DAN PENGUKURAN**

A. Hazard Identification Risk Assesment Determining Control (HIRADC).....	81
B. Arus Listrik Serta Keamanan dan Keselamatan Manusia.....	82
C. Perlindungan Tenaga Kerja.....	82
D. Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya	83

BAB V**STANDARISASI K3 KELISTRIKAN**

A. Penetapan Lingkungan Kerja Yang Aman	106
B. Tanggung Jawab Pekerja dan Peralatan.....	108

BAB VI**ASPEK MEDIS TERHADAP BAHAYA KELISTRIKAN**

A. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perbedaan Efek Sengatan Listrik.....	113
B. Batas Arus yang Melewati Tubuh Manusia.....	114
C. Menangani Korban Tersetrum	115
D. Trauma	116
E. Rehabilitasi Penyembuhan	118
F. Pengobatan.....	120

BAB VII**KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA BERBASIS ZEROZICKS**

A. Hazard (Potensi Bahaya)	121
B. Environment.....	123
C. Risk (Resiko Kerja).....	123
D. Observation/Opportunity/Occupational	129
E. Solution	129
F. Implementasi.....	131
G. Culture/Climate/Control.....	131
H. Knowledge/Knowhow.....	136
I. Standarisasi.....	136

BAB VIII**ALAT PELINDUNG DIRI**

A. Alat Pelindung Diri (APD).....	138
B. Dasar Hukum Alat Pelindung Diri.....	139
C. Pemilihan Alat Pelindung Diri.....	139
D. Jenis-jenis Alat Pelindung Diri (APD) dan Kegunaannya.....	140
E. Mendisain Program Alat Pelindung Diri (APD)	157
F. Promosi Penggunaan APD Kepada Para Pekerja.....	165
G. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD atau PPE) kepada Pekerja.....	168
H. Kesimpulan.....	172

BAB IX**PROSEDUR PENANGANAN KECELAKAAN KERJA**

A. Pentingnya Menejemen K3.....	173
B. Pertolongan Pertama Pada Kecelakaan	174
C. Dasar-dasar Pertolongan Pertama.....	174
D. Identifikasi Kecelakaan Kerja.....	181

BAB X**ORGANISASI YANG MENGATUR TENTANG K3**

A. Organisasi K3.....	183
B. Standar OHSAS 18001	183

C. Persyaratan OHSAS 18001 : 1999.....	185
D. UU Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Indonesia (K3).....	190
E. Process Safety Management OSHA 3132	191
F. Process Safety Management (PSM).....	198

BAB XI

HUMAN FACTOR DAN HUMAN ERROR TERHADAP BAHAYA KECELAKAAN

A. Human Faktor.....	214
B. Human Error.....	219
C. Klasifikasi Human Error	220
D. Konteks Organisasi.....	222
E. Faktor-Faktor Human Error.....	225
F. Tipe-tipe Penyebab Human Error	225
G. Faktor Pribadi yang Mempengaruhi Terjadinya Kecelakaan.....	228
H. Manajemen Standar Untuk Menangani Stress Kerja (Work-Related Stress).....	229
I. Perilaku Keselamatan (Safety Behavior)	232

BAB XII

PENDIDIKAN DAN PELATIHAN K3

A. Konsep Dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	235
B. Pentingnya Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	235
C. Teori Keselamatan dan Kesehatan Kerja.....	236
D. Keselamatan Kerja.....	238
E. Kesehatan Kerja.....	239
F. Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja	240
G. Sebab-sebab Terjadinya Kecelakaan Kerja.....	241
H. Diklat K3.....	242
I. Pendekatan Teori Manajemen Pendidikan dan Pelatihan K3.....	249
J. Sistem Manajemen Pendidikan dan Pelatihan K3.....	252
K. Klasifikasi Program Pendidikan dan Pelatihan K3 (Diklat K3).....	268
L. Fungsi, Tujuan dan Manfaat Diklat K3	270

BAB XIII

MANAJEMEN DAN STRUKTUR ORGANISASI K3

A. Manajemen K3.....	272
B. Struktur Organisasi K3	276
C. Pengurus Organisasi K3.....	278
D. Tugas-tugas Kerja	278
E. Program Kerja.....	278
F. Sidang-sidang atau Pertemuan Komite K3.....	279
G. Rekomendasi.....	279
H. Kesimpulan.....	280

BAB XIV

SEKILAS TENTANG PDKB

A. Metode PDKB.....	286
B. Alat Pengaman Diri dan Peralatan Keselamatan Kerja.....	289
C. Implementasi Penggunaan APD.....	299
D. Peraturan Umum K3 yang perlu dilaksanakan.....	301
E. Prosedur untuk Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan.....	303
F. Jenis Pekerjaan dan Kecelakaan PDKB.....	304
G. Risiko Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan.....	307

BAB XV

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) DI GARDU INDUK

A. Gardu Induk.....	322
B. Pekerjaan Peningkatan Kapasitas (Up - Rating) Gardu Induk	339
C. Peraturan Umum Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Yang Harus Dilaksanakan.....	340
D. Peralatan Pelindung Tubuh.....	344
E. Masalah Dalam Pelaksanaan K3 Di Gardu Induk.....	348
F. Contoh SOP di Gardu Induk	350

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka	355
Sumber Gambar.....	365

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Analogi Sederhana Antara Listrik dan Air.....	1
Gambar 1.2. Arus Listrik AC.....	2
Gambar 1.3. Arus Listrik DC.....	2
Gambar 1.4. Tarik Menarik Elektron.....	2
Gambar 1.5. Perpindahan Elektron.....	2
Gambar 1.6. Pengaruh Gaya Gravitasi Pada Air Dalam Reservoir.....	3
Gambar 1.7. Proses Pelepasan Energi.....	3
Gambar 1.8. Energi Yang Disimpan dan Dilepaskan.....	3
Gambar 1.9. Perbedaan Tinggi Lokasi.....	4
Gambar 1.10. Beda Tegangan Di Udara Yang Menyebabkan Petir	5
Gambar 1.11. Konstruksi Dasar Baterai.....	5
Gambar 1.12. Baterai Ukuran C	5
Gambar 1.13. Ilustrasi Perbandingan Antara Baterai dan Reservoir.....	6
Gambar 1.14. Ilustrasi Aliran Elektron Pada Baterai.....	6
Gambar 1.15. Aliran Elektron.....	7
Gambar 1.16. Tabung Kelereng.....	7
Gambar 1.17. Arah Arus Listrik	8
Gambar 1.18. Baterai.....	9
Gambar 1.19. Baterai Alkaline	9
Gambar 1.20. Baterai Karbon Seng	9
Gambar 1.21. Baterai Lithium	10
Gambar 1.22. Baterai Ni-Cad	10
Gambar 1.23. Baterai Lead Acid	10
Gambar 1.24. Baterai Rangkaian Seri.....	11
Gambar 1.25. Skematik Rangkaian Seri.....	11
Gambar 1.26. Baterai Rangkaian Paralel.....	11
Gambar 1.27. Skematik Rangkaian Paralel.....	11
Gambar 1.28. Rangkaian Hukum Ohm.....	13
Gambar 1.29. Skematik Hukum Ohm.....	13
Gambar 1.30. Nilai Resistansi Yang Tetap, Arus Berbanding Lurus Dengan Tegangan.....	14
Gambar 1.31. Nilai Tegangan Yang Tetap, Arus Berbanding Terbalik Dengan	

Resistansi.....	14
Gambar 1.32. Sebuah Rangkaian Terbuka Dengan Resistansi Tak Terhingga	15
Gambar 1.33. Simbol E dan V.....	15
Gambar 1.34. Aturan Perjanjian Untuk Polaritas Tegangan	15
Gambar 1.35. Dua Gambar Rangkaian Yang Memiliki Arus Yang Sama.	16
Gambar 1.36. Saklar SPST Terbuka	16
Gambar 1.37. Saklar SPST Tertutup	16
Gambar 1.38. Saklar SPDT.....	17
Gambar 1.39. Dua Saklar SPDT Mengontrol Sebuah Lampu.....	17
Gambar 1.40. Simbol Sekering.....	17
Gambar 1.41. Simbol CB.....	17
Gambar 1.42. MCB (Miniatur Circuit Breaker).....	18
Gambar 1.43. Molded Case Circuit Breaker.....	18
Gambar 1.44. ACB (Air Circuit Breaker).....	19
Gambar 1.45.OCB (Oil Circuit Breaker).....	19
Gambar 1.46.VCB (Vacuum Circuit Breaker).....	20
Gambar 1.47.SF6 CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker).....	20
Gambar 1.48.GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter)	21
Gambar 1.49.ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker).....	21
Gambar 1.50.Jalur Arus Listrik Dengan Satu Titik Kontak	23
Gambar 1.51.Jalur Arus Listrik Dengan Dua titik kontak	24
Gambar 1.52.Jalur Arus Listrik Common Secara Elektris Dengan Bumi.....	24
Gambar 1.53. Arus Listrik Dengan Jalur Rangkaian Tidak Lengkap	25
Gambar 1.54.Arus Listrik Dengan Jalur Grounding ke Bumi.....	25
Gambar 1.55.Jalur Arus Listrik dengan Sambungan Ground Fault	26
Gambar 1.56.Sistem Tenaga Listrik Tanpa Ground dan Kontak Tetapi Dengan Orang Menyentuh Kawat Di Satu Titik	26
Gambar 1.57.Resistansi Pada Pipa Yang Dipegang Dengan Satu Tangan.....	30
Gambar 1.58.Resistansi Pada Pipa Yang Dipegang Dengan Dua Tangan.....	31
Gambar 1.59.Rangkaian Listrik Dengan Circuit Breaker.....	33
Gambar 1.60.Rangkaian Kondisi Open circuit dengan Ground Sementara	33
Gambar 1.61.Disain Rangkaian Yang Aman.....	38
Gambar 1.62.Multimeter.....	41
Gambar 2.1. Kabel NYM.....	50
Gambar 2.2. Kabel NYA	51

Gambar 2.3. NYMHYO/NYAF	51
Gambar 2.4. Sakelar in-bow	52
Gambar 2.5. Sakelar out-bow	52
Gambar 2.6. Sakelar On-Off dan Push-On	52
Gambar 2.7. Sakelar Tunggal dan Majemuk	53
Gambar 2.8. Stop Kontak Kecil dan Besar	53
Gambar 2.9. Stop Kontak In-Bow Dan Out-Bow	54
Gambar 2.10. Steker Kecil dan Besar	54
Gambar 2.11. Bargainser	55
Gambar 2.12. MCB.....	56
Gambar 2.13. MCB Pembagi.....	56
Gambar 2.14. Konstruksi MCB	56
Gambar 2.15. Sekering	58
Gambar 2.16. Sekering Tipe Ulir	58
Gambar 2.17. Sekering Tipe Pisau.....	59
Gambar 2.18. Sekering Tipe Tabung.....	60
Gambar 2.19. Main Distribusi Panel.....	60
Gambar 2.20. Sub Distribusi Panel.....	61
Gambar 2.21. Rangkaian control AMF.....	64
Gambar 2.22. Emergency Push Button.....	65
Gambar 2.23. Push Button.....	65
Gambar 2.24. Man – Auto Switch.....	65
Gambar 2.25. MCB 1 Fasa	66
Gambar 2.26. MCB 3 Fase	66
Gambar 2.27. Kontaktor Magnet.....	66
Gambar 2.28. Timer	66
Gambar 2.29. Over Load.	67
Gambar 2.30. Current Transformator	67
Gambar 3.1. Bergainaser Analog.....	70
Gambar 3.2. Bergainaser Digital.....	70
Gambar 3.3. Patron Lebur	71
Gambar 3.4. PHB (Papan Hubung Bagi).....	71
Gambar 3.5. MCB (Miniature Circuit Breaker).....	71
Gambar 3.6. Static Discharge System pada Pesawat Terbang	73

Gambar 3.7. Terminal Pentanahan di MCB Box.....	74
Gambar 3.8. Contoh Pemasangan Instalasi Grounding Rumah.....	74
Gambar 3.9. Detail Komponen Grounding Rod.....	75
Gambar 3.10. Detail Komponen Air Terminal dari Penangkal Petir.....	75
Gambar 3.11. Stop Kontak.....	76
Gambar 3.12. Steker.....	76
Gambar 3.13. Steker “T”.....	76
Gambar 3.14. Sistem Grounding Untuk Bahan Kimia Mudah Terbakar Bagian-bagian yang Ditanahkan.....	77
Gambar 3.15. Macam - macam Alat pentanahan.....	78
Gambar 4.1. Mind Mapping Bahaya Kelistrikan.....	83
Gambar 4.2. Bahaya Primer Listrik.....	84
Gambar 4.3. Bahaya Sekunder Listrik.....	84
Gambar 4.4. Tingkat Bahaya Listrik Pada Tegangan, Arus dan Tahanan.....	85
Gambar 4.5. Tubuh Manusia Bagian Dari Rangkaian.....	85
Gambar 4.6 Sistem Tegangan Rendah di Indonesia.....	86
Gambar 4.7. Jenis Bahaya Listrik.....	86
Gambar 4.8 A) Karakteristik Sengatan Listrik, B) Reaksi Tubuh Terhadap Sengatan Listrik.....	88
Gambar 4.9. Contoh-Contoh Penyebab Bahaya Listrik.....	89
Gambar 4.10. Pengamanan Dengan Isolasi Pengamanan.....	90
Gambar 4.11. Pengamanan Dengan Pemagaran.....	90
Gambar 4.12. Kondisi Tegangan Sentuh Pada Mesin.....	91
Gambar 4.13. Saluran Pentanahan Sebagai Pengaman Terhadap Tegangan Sentuh.....	91
Gambar 4.14. Pengawatan Kabel Pentanahan.....	92
Gambar 4.15. Contoh Pengaman Otomatis.....	93
Gambar 4.16. RCD/ELCB Fasa-Tiga.....	94
Gambar 4.17. Contoh Klasifikasi Pengamanan Alat Portable.....	95
Gambar 4.18. Contoh Penggunaan Alat Listrik.....	95
Gambar 4.19. Penggunaan Tangga Di Daerah Instalasi Listrik.....	96
Gambar 4.20. Inspeksi Kondisi Peralatan.....	96
Gambar 4.21. Pemisahan Si Korban Dari Aliran Listrik.....	97
Gambar 4.22. Tindakan Pertolongan Pertama.....	97
Gambar 4.23. Titik Pemutusan Aliran Listrik.....	98

Gambar 4.24. Penandaan Alat Yang Diperbaiki.....	98
Gambar 4.25. Tanda Pekerjaan Selesai.....	98
Gambar 4.26. Bahaya Kebakaran dan Peledakan.....	99
Gambar 4.27. Ukuran kabel.....	99
Gambar 4.28. Pemakaian Stop-Kontak Yang Bertumpuk-Tumpuk.....	100
Gambar 4.29. Koneksi Yang Kendor.....	100
Gambar 4.30. Lingkungan Kerja Yang Sangat Berbahaya	100
Gambar 4.31. Jenis Arus Kesalahan.....	101
Gambar 4.32. Mind Mapping	104
Gambar 5.1 Perbaikan Instalasi Listrik.....	106
Gambar 5.2. Bahaya Sentuhan Tidak Langsung.....	107
Gambar 6.1. Tersetrum Aliran Listrik	112
Gambar 6.2. Aliran Arus Listrik Di Tubuh Manusia.....	115
Gambar 6.3. Pemutusan Kabel Bertegangan	116
Gambar 6.4. Trauma	116
Gambar 6.5. Penanganan Korban	120
Gambar 7.1. Elemen Proses Manajemen Resiko	127
Gambar 8.1. Perlengkapan APD	138
Gambar 8.2. Hood/Topi/Tudung.....	141
Gambar 8.3. Hair Cap / Penutup Rambut	142
Gambar 8.4. Safety Helmet / Helm Pengaman.....	142
Gambar 8.5. Helm dengan Aksesor.....	144
Gambar 8.6. Kacamata Safety	145
Gambar 8.7. Goggles	145
Gambar 8.8. Perisai Pengelasan (Welding).....	145
Gambar 8.9. Kacamata Pengaman Laser	146
Gambar 8.10. Perisai Wajah.....	146
Gambar 8.11. Sumbat Telinga (Ear Plug).....	148
Gambar 8.12. Tutup Telinga (Ear Muff)	148
Gambar 8.13. Respirator.....	151
Gambar 8.14. Breathing Apparatus.....	151
Gambar 8.15. Sarung Tangan Metal Mesh	152
Gambar 8.16. Sarung Tangan Kulit.....	152
Gambar 8.17. Sarung Tangan Vynil dan Neoprene	153

Daftar Gambar

Gambar 8.18. Sarung Tangan Karet	153
Gambar 8.19. Sarung Tangan Padded Cloth.....	153
Gambar 8.20. Sarung Tangan Heat Resistance.....	153
Gambar 8.21. Sarung Tangan Karet Disposable.....	154
Gambar 8.22. Sarung Tangan Lead Lined	154
Gambar 8.23. Safety Shoes	155
Gambar 8.24. Flame Resistant Catton Atau Duck	155
Gambar 8.25. Special Flame-Resistant And Heat Resistant Synthetic Fabrics.....	156
Gambar 8.26. Rubber, Neoprene, Vinyl Or Other Protective Material.....	156
Gambar 8.27. Full Body Harness.....	156
Gambar 8.28. Pemenuhan Persyaratan APD Pada Berbagai Industri.....	170
Gambar 8.29. Grafik data penerapan APD	171
Gambar 10.1. Grafik Standar PDCA	183
Gambar 10.2. Metodologi OHSAS 18001.....	184
Gambar 10.3. Diagram alir PDCA.....	185
Gambar 10.4. Persyaratan OHSAS 18001:1999.....	185
Gambar 10.5. Diagram Alir OH&S	185
Gambar 10.6. Diagram Alir Perencanaan.....	186
Gambar 10.7. Alur Aliran Penerapan dan Operasi	188
Gambar 10.8. Alur Aliran Pengecekan dan Tindakan Koreksi.....	189
Gambar 10.9. Alur Aliran Tinjauan Manajemen.....	189
Gambar 10.10. Struktur Kepengurusan dalam Menaker.....	190
Gambar 10.11. Grafik Paradigma Pengawasan K3	190
Gambar 10.12. Dasar Hukum K3	191
Gambar 10.13. Dasar Hukum K3	191
Gambar 10.14. Skema Operating Procedure	194
Gambar 10.15. Change Management Model.....	197
Gambar 10.16. Emergency Response.....	198
Gambar 10.17. Piramida Komitmen.....	205
Gambar 10.18. Mind Mapping	211
Gambar 11.1. Representasi Human Error Dalam Pemrosesan Informasi	220
Gambar 11.2. Frame Work of Resident Pathogens	224
Gambar 11.3. Flowchart Faktor Yang Berpotensi Mendorong Terjadinya Human Error.....	226
Gambar 12. 1. Logo Kampanye Pentingnya K3.....	236

Gambar 12.2. Electrical Instalation Safety System.....	242
Gambar 12.3. Media Aspek Pada Proteksi Bahaya Petir, Grounding, Tahanan Instalasi,Rangkaian Dan Pengujian Arus Bocor Dengan Rangkaian Berbeban Untuk Satu Fase Dan Tiga Fase.....	243
Gambar 12.4. Pelatihan K3 Pekerja Proyek.....	248
Gambar 12.5.Safety Training	249
Gambar 12.6. Simulasi Penanganan Kebakaran.....	249
Gambar 12.7. Standar Pendidikan dan Pelatihan K3.....	253
Gambar 12.8. Poster Komponen APD	254
Gambar 12.9. Tahapan Dalam Suatu Kecelakaan.....	257
Gambar 12.10 Efek Domino.....	257
Gambar 12.11. Menghilangkan Faktor Bahaya.....	257
Gambar12.12. Siklus Process Safety Management	258
Gambar 12.13. Model Process Safety Management.....	258
Gambar 12.14. Level Sistem Manajemen Keselamatan.....	260
Gambar12.15. Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).....	269
Gambar 12.16. Magang (On The Job).....	269
Gambar 12.17. Pelaksanaan Diklat Keselamatan Kerja	271
Gambar 13.1. Penerapan Sistem Manajemen K3	273
Gambar 13.2 Bagan Struktur Organisasi	276
Gambar 13.3.Hubungan Tugas dan Tanggung Jawab K3 Dalam Organisas	277
Gambar 13.4 Manajemen dan Struktur K3.....	280
Gambar 14.1. Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan.....	285
Gambar 14.2. Metode Sentuh Langsung.....	287
Gambar 14.3. Metode Sentuh Langsung.....	288
Gambar 14.4. Penghalang Panjat/ ACD (Anti Climbing Device).....	290
Gambar 14.5. Tanda Penghantar & Nomor Tiang.....	290
Gambar 14.6 Tanda Bahaya	290
Gambar 14.7. Ball Sign	290
Gambar 14.8. Lampu Penerbangan Tower	291
Gambar 14.9. Hook Pole.....	292
Gambar 14.10. Rack Wire Cutter.....	292
Gambar 14.11. Conductor Support Pole	293
Gambar 14.12. Metode Sentuh Langsung By – Pass Jumper.....	294
Gambar 14.13. Rangers Boots	295

Daftar Gambar

Gambar 14.14. Insulated Rubber Latex Gloves	295
Gambar 14.15. Safety Belt	296
Gambar 14.16. Rope Block	296
Gambar 14.17. Lift Type SADDLL	296
Gambar 14.18. Chain Tigtener.....	297
Gambar 14.19. Fiber Glass Insulating Section Spliced.....	297
Gambar 14.20. Oil Can.....	298
Gambar 14.21. Hydraulic Cutter.....	298
Gambar 14.22. Kompresor.....	298
Gambar 14.24. Implementasi Pemakaian Helm.....	300
Gambar 14.25. Implementasi Pemakaian Sabuk Pengaman.....	300
Gambar 14.26. Implementasi Pemakaian Sarung Tangan.....	301
Gambar 14.27. Implementasi Pemakaian Pakaian Seragam.....	301
Gambar 14.28. Implementasi Pemakaian Belt	301
Gambar 14.29. Zona Terlarang.....	302
Gambar 14.30. Contoh PDKB	302
Gambar 14.31. PDKB Metode Rubber Gloves	306
Gambar 14.32. Contoh Kecelakaan Akibat Tegangan Tinggi Pada Bagian Kepala.....	308
Gambar 14.33. Contoh Kecelakaan Akibat Tegangan Tinggi Pada Bagian Badan.....	308
Gambar 14.34. Tegangan Langkah.....	310
Gambar 14.35. Tegangan Pindah	311
Gambar 14.36. Tegangan Pindah	311
Gambar 14.37. Grafik Radiasi Tegangan Tinggi Per Tahun.....	315
Gambar 14.38. Daerah di Bawah SUTET	316
Gambar 14.39. Daerah di Bawah Kawasan SUTET	318
Gambar 15.1. Neutral Grounding Resistance (NGR)	330
Gambar 15.2. Neutral Grounding Resistance (Liquid).....	331
Gambar 15.3. Wiring Kabel Dan Penandaan Saluran Kabel.....	332
Gambar 15.4. Transformator Daya Pada GI Konvensional.....	333
Gambar 15.5. Circuit Breaker	334
Gambar 15.6. Disconnecting Switch.....	334
Gambar 15.7. Lightning Arrester (La).....	335
Gambar 15.8. Current Transformer (Ct).....	335
Gambar 15.9. Rel (Busbar) Pada GI Konvensional.....	336
Gambar 15.10. Gedung Kontrol (Control Building).....	337

Gambar 15.11. Panel Kontrol (Control Panel).....	337
Gambar 15.12. Panel Proteksi (Protection Panel/ Relay Panel).....	338
Gambar 15.13. Baterai Sumber Dc Gardu Induk.....	339
Gambar 15.14. Siaga kebakaran.....	341
Gambar 15.15. Jagalah Kebersihan.....	341
Gambar 15.16. Tanda Bahaya Tegangan Tinggi.....	341
Gambar 15.17. Pengawasan pekerjaan.....	343
Gambar 15.18. Helm proyek.....	344
Gambar 15.19. Sabuk pengaman.....	345
Gambar 15.20. Werpack.....	345
Gambar 15.21. Pengaman tangan.....	345
Gambar 15.22. Sepatu lapangan/proyek.....	346
Gambar 15.23. Masker pelindung.....	346
Gambar 15 24. Berani ketinggian.....	347
Gambar 15.25. Pekerja Tidak Pakai Pengaman.....	349

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Tabel Satuan Listrik	1
Tabel 1.2. Hubungan Umur Baterai dengan Arus (Jenis Karbon – Seng).....	11
Tabel 1.3.Tingkatan Bahaya Efek Sengatan Listrik Terhadap Tubuh.....	29
Tabel 2.1. Kode Pengenal Kabel.....	50
Tabel 2.2. Klasifikasi Warna Pengaman Lebur Type Ulir	59
Tabel 2.3. Current Transformer	62
Tabel 3.1. Batasan – batasan Arus dan Pengaruhnya Terhadap Manusia.....	68
Tabel 3.2. Tahanan Jenis Berbagai Macam Tanah dan Tahanan Pentanahannya.....	79
Tabel 5.1. Rasio jumlah Petugas P3K Di Tempat Kerja Dengan Jumlah Pekerja Berdasarkan Klasifikasi Tempat Kerja	108
Tabel 5.2. Jumlah dan Tipe Kotak P3K.....	108
Tabel 6.1. Batas Arus Yang Melewati Tubuh Manusia.....	114
Tabel 6.2. Besar dan Lama Tegangan Sentuh Maksimum.....	114
Tabel 8.1. Persyaratan Kinerja Pelindung Kepala Menurut ANSI.....	143
Tabel 8.2. Keuntungan dan Kerugian Ear Plug Dengan Ear Muff.....	149
Tabel 8.3. Keuntungan Pelaksanaan Promosi Kesehatan Bagi Perusahaan dan Bagi Pekerja.....	166
Tabel 10.1. Elemen-elemen PSM dari OSHA dan CCPS	203
Tabel 11.1. Manajemen Standar Masing-Masing Elemen Untuk Diterapkan Ditempat Kerja.....	230
Tabel 12.1. Tabel Silabus Pelatihan.....	259
Tabel 14.1. Spesifikasi Hoke Tools.....	291
Tabel 14.2. Conductor Support Pole	293
Tabel 14.3. Jarak Aman Kerja Dalam Keadaan Bertegangan.....	307
Tabel 14.4. Efek Yang Mengalir Pada 50 Hz.....	308
Tabel 14.5. Tegangan Sentuh Yang Dijinkan dan Lama Gangguan.....	310
Tabel 14.6. Tegangan Langkah Yang Dijinkan dan Lama Gangguan.....	310
Tabel 14.7. Tahanan Tubuh Manusia.....	313

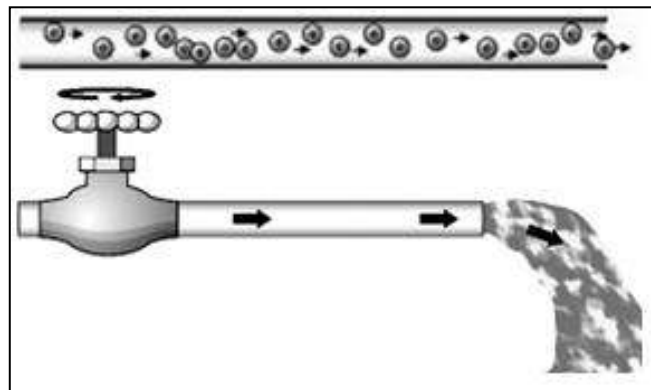
BAB I SEKILAS TENTANG KELISTRIKAN

Michael Faraday seorang ilmuwan dari Inggris merupakan “Bapak Listrik”, karena berkat rintisan dari usaha temuannya sekarang listrik menjadi teknologi yang banyak kegunaannya. Nama-nama lain yang juga dianggap sebagai tokoh listrik adalah de Coulomb, Alesandro Volta, Hans C. Cersted dan Andre Marie Ampere. Secara sederhana, kelistrikan merupakan sifat benda yang muncul dari adanya muatan listrik yang merupakan kondisi dari partikel elektron dan proton. Listrik merupakan sesuatu yang tidak terlihat dengan mata telanjang, fenomena kelistrikan yang paling umum terjadi adalah petir dimana terjadi loncatan elektron dari partikel listrik. Satuan listrik yang paling umum digunakan sehari-hari adalah:

Tabel 1.1 Tabel Satuan Listrik

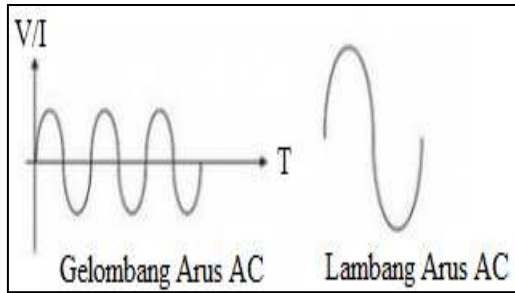
Tegangan listrik (voltage)	Volt (v)
Arus listrik (current)	Ampere (a)
Frekuensi (frequency)	Hertz (hz)
Daya listrik (power)	Watt (w) atau volt-ampere (va)
Energi listrik	Watt-hour (wh) atau kilowatt-hour (kwh)

Analogi sederhana untuk menggambarkan tentang listrik adalah dengan menggunakan air. Aliran air yang mengalir didalam pipa diumpamakan sebagai aliran elektron dalam listrik atau arus listrik, tekanan yang menyebabkan air mengalir diumpamakan sebagai tegangan listrik dan besarnya daya dorong air yang keluar dari pipa diumpamakan sebagai daya listrik atau power. Ukuran pipa sama dengan ukuran penghantar listrik (konduktor listrik), dan keran air yang mengatur besarnya aliran air diumpamakan sebagai pengatur hambatan (variable resistance) dalam rangkaian listrik. Air mengalir dari tekanan tinggi menuju yang lebih rendah, sedangkan arus listrik merupakan perpindahan elektron dari tegangan lebih tinggi menuju tegangan lebih rendah.

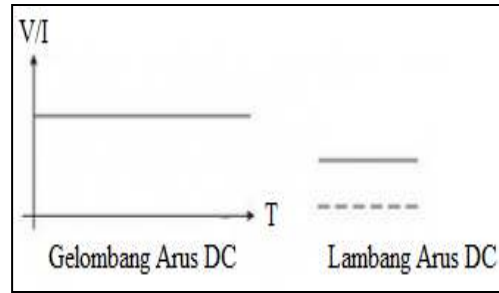


Gambar 1.1. Analogi Sederhana Antara Listrik dan Air

Berdasarkan bentuk gelombang, arus listrik dibagi menjadi 2 macam yaitu arus bolak-balik (**Alternating Current** atau **AC**) dan arus searah (**Direct Current** atau **DC**). Perbedaan antara listrik AC dan DC terletak pada polaritasnya. Arus listrik AC mempunyai polaritas yang berubah-ubah antara positif dan negatif beberapa kali dalam satu periode (gelombang sinusoidal), sedangkan arus listrik DC mempunyai polaritas tetap sepanjang waktu. Frekuensi bolak-balik arus listrik AC sebesar 50 Hz atau 60 Hz.



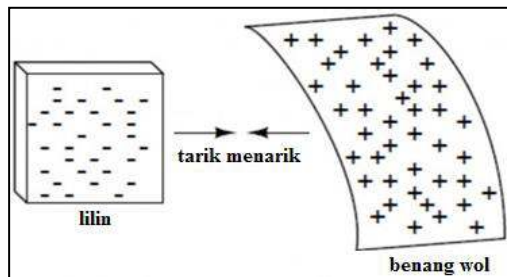
Gambar 1.2. Arus Listrik AC



Gambar 1.3. Arus Listrik DC

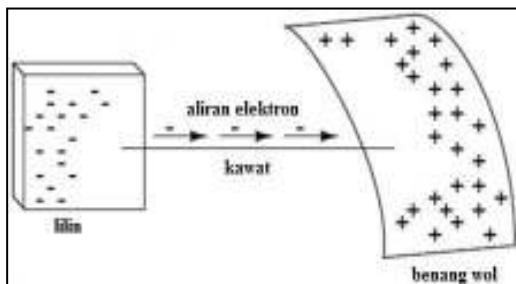
A. Tegangan dan Arus

Elektron-elektron dalam konduktor membutuhkan gaya awal untuk memulai gerakan agar dapat bergerak. Gaya yang dibutuhkan elektron sama seperti gaya yang bekerja pada listrik statis, yaitu gaya yang dihasilkan dari ketidakseimbangan muatan listrik.



Gambar 1.4. Tarik Menarik Elektron

Contohnya lilin dan benang wol yang saling digosokkan. Kelebihan elektron negatif dari lilin (bermuatan negatif) dan kekurangan elektron positif dari benang wol akan menciptakan ketidakseimbangan muatan diantara kedua bahan ini. Ketidakseimbangan elektron tersebut dapat menyebabkan gaya tarik menarik antara kedua bahan.

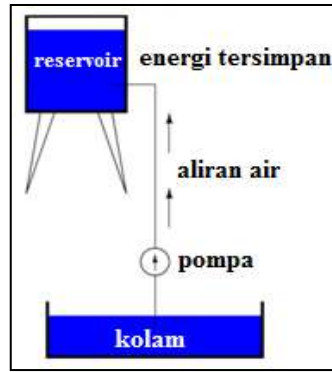


Gambar 1.5. Perpindahan Elektron

Apabila sebuah kawat konduktif diletakkan diantara lilin dan benang wol, maka elektron akan mengalir melewatinya. Elektron negatif dari lilin akan berjalan melewati kawat untuk mengisi kekurangan elektron benang wol.

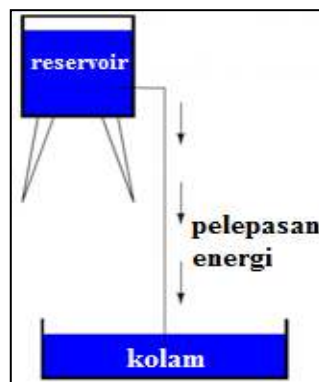
Ketidakseimbangan elektron antara lilin dan benang wol akan menciptakan suatu gaya diantara kedua bahan ini. Apabila tidak ada jalur untuk dialiri maka gaya akan menimbulkan tarikan antara keduanya, tetapi jika ada jalur yang dialiri maka gaya akan mendorong elektron untuk mengalir dan semakin lama semakin berkurang hingga lenyap dan kedua bahan menjadi netral.

Muatan listrik yang diciptakan dari dua material yang saling digosokkan ini menghasilkan sejumlah energi yang tersimpan dalam keduanya. Energi ini seperti energi yang tersimpan dalam air yang berada dalam reservoir setelah air tersebut dipompa dari kolam yang berada dibawah.



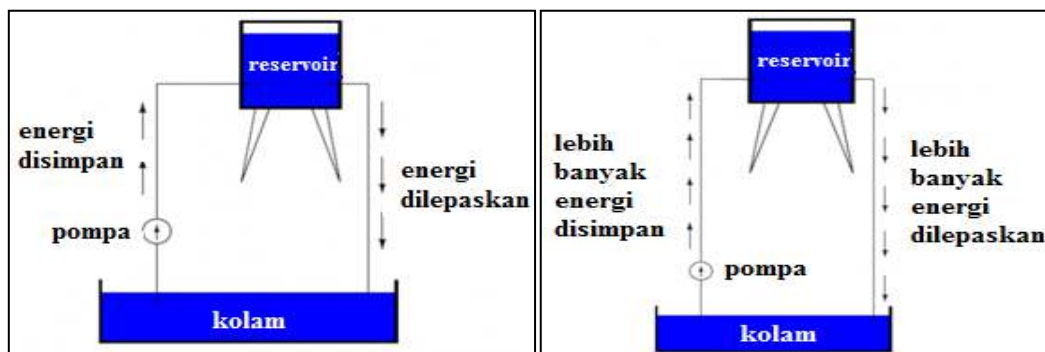
Gambar 1.6. Pengaruh Gaya Gravitasi Pada Air Dalam Reservoir

Pengaruh gaya gravitasi pada air dalam reservoir menghasilkan suatu gaya yang membuat air bergerak ke kolam lagi apabila diberi pipa. Energi dibutuhkan untuk memompa air dari bawah (kolam) menuju reservoir yang terletak diatas kolam dan pergerakan balik air dari reservoir menuju kolam melepaskan energi yang didapat dari proses pompa tadi. Bila air dipompa ke tempat yang lebih tinggi, air tersebut membutuhkan lebih banyak energi, sehingga lebih banyak energi yang tersimpan dan lebih banyak energi yang dilepaskan apabila air tersebut mengalir ke bawah lagi melalui pipa:



Gambar 1.7. Proses Pelepasan Energi

Tidak jauh berbeda dengan elektron. Bila lilin yang kasar digosok dengan wol, kita sama saja “memompa” elektron-elektron meninggalkan “level” normalnya, menciptakan kondisi dimana suatu gaya ada diantara lilin dan wol. Karena elektron mencoba untuk kembali ke posisi awalnya (kesimbangan/normalnya), gaya ini menarik elektron kembali ke posisi awal sama seperti gaya gravitasi mempengaruhi air pada reservoir untuk bergerak ke bawah, ke posisi awalnya.

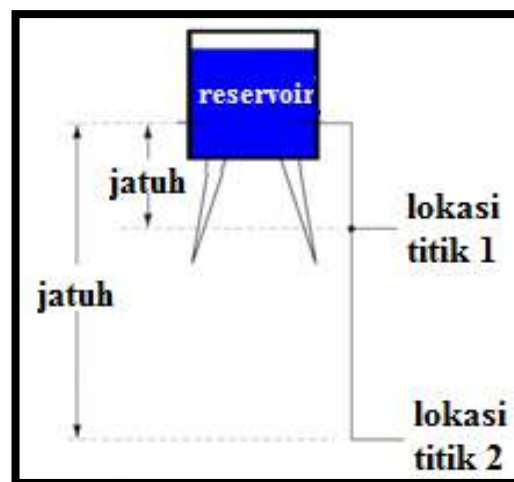


Gambar 1.8. Energi Yang Disimpan Dan Dilepaskan

Ketika elektron berada pada posisi statisnya (sama seperti air yang berada dalam reservoir di tempat yang tinggi), energi yang tersimpan di dalamnya disebut energi potensial, karena ia mempunyai kemungkinan (berpotensi) untuk dilepaskan. Ketika anda menggesekkan karet bagian bawah sepatu anda di atas karpet yang kering, anda menciptakan sebuah muatan yang tidak seimbang antara diri anda dengan karpet.

Aksi menggesek sepatu dengan kaki anda menyimpan energi dalam bentuk ketidakseimbangan gaya elektron dari posisi asli mereka. Muatan ini (listrik statis) adalah stasioner (tetap) dan anda tidak akan sadar bahwa energi telah tersimpan. Namun, ketika anda meletakkan tangan anda pada gagang pintu yang terbuat dari logam (dengan banyak elektron yang siap menjadi netral pada diri anda), energi yang tersimpan tadi akan dilepaskan dalam bentuk aliran elektron melalui tangan anda, maka anda akan merasakan sengatan listrik (kesetrum).

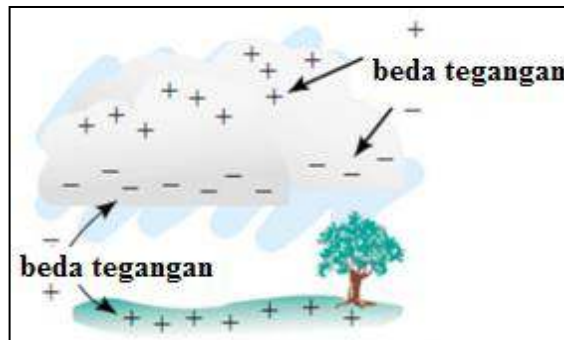
Energi potensial ini, yang tersimpan dalam bentuk ketidakseimbangan muatan listrik dan dapat menggerakkan elektron untuk mengalir melewati konduktor, dapat disebut dengan tegangan, yang biasanya secara teknis diukur sebagai energi potensial per satuan muatan elektron. Karena tegangan dinyatakan sebagai suatu bentuk energi potensial, atau merepresentasikan kemungkinan atau potensi untuk melepaskan elektron bergerak dari suatu "level" ke level yang lainnya, maka tegangan selalu dinyatakan sebagai referensi/perbandingan antara dua titik.



Gambar 1.9. Perbedaan Tinggi Lokasi

Karena perbedaan tinggi, terdapat energi potensial untuk dilepaskan dari reservoir melewati pipa ke titik nomor 2 lalu ke titik 1. Kita tidak dapat menaksir jumlah energi yang tersimpan pada air dalam reservoir secara sederhana dengan mengukur volume air dan ketinggiannya. Jumlah energi yang dilepaskan dengan menjatuhkan suatu benda yang bermassa adalah relatif terhadap jarak dari titik awal ke titik akhir. Begitu pula dengan energi potensial untuk menggerakkan elektron dari satu titik ke titik yang lain adalah relatif terhadap kedua titik itu. Jadi, tegangan selalu dinyatakan dalam suatu besaran diantara dua titik.

Ketika muatan terlepas dari suatu tempat dan ditransfer ke tempat lainnya, sebuah beda potensial atau tegangan telah dihasilkan diantara tempat tersebut. Contohnya adalah tegangan yang dihasilkan saat kita berjalan di atas karpet. Tegangan lebih dari ribuan volt dapat dihasilkan dengan cara ini. Tegangan disebabkan oleh muatan positif dan negatif yang terpisah.



Gambar 1.10. Beda Tegangan Di Udara Yang Menyebabkan Petir

Selama badai petir, elektron dari awan terlepas dari “induknya” akibat dari gaya turbulensi dan terbawa ke bawah awan, sehingga bagian atas kekurangan elektron menjadi ion positif dan bagian bawah ion negatif. Gaya tolak kemudian membuat elektron terdesak kebawah awan, menyebabkan bumi bermuatan positif. Ratusan ribu volt tercipta dari proses ini. Hal ini dapat menyebabkan udara break down dan sambaran petir terjadi.

Muatan statis dan sambaran petir bukanlah sumber tegangan yang praktis dalam bidang kelistrikan. Baterai adalah sumber tegangan yang praktis. Pada sebuah baterai, muatannya dipisahkan oleh reaksi kimia. Sebuah baterai (elemen kering/ dry cell) diilustrasikan pada gambar berikut ini. Elektrode bagian dalam terbuat dari batang karbon dan elektrode bagian luarnya terbuat dari lempengan seng.

Reaksi kimia antara ammonium-klororit/mangan dioksida dengan seng menghasilkan kelebihan elektron, sehingga seng membawa muatan negatif. Reaksi penggantinya menyebabkan batang karbon kekurangan elektron, menyebabkan ia bermuatan positif. Muatan yang terpisah ini menimbulkan tegangan (biasanya 1,5 V) diantara kedua elektroda. Baterai sangat berguna sebagai sumber tegangan karena rekasi kimia menyebabkan suplai energinya berlangsung secara kontinu, berguna untuk menyalakan lampu atau menggerakkan motor. Baterai Ukuran C, umumnya disebut baterai lampu senter.



Gambar 1.11. Konstruksi Dasar Baterai



Gambar 1.12. Baterai Ukuran C

B. Definisi Tegangan: Volt

Dalam istilah kelistrikan, energi beda potensial didefinisikan sebagai tegangan. Secara umum, sejumlah energi dibutuhkan untuk memisahkan muatan tergantung pada tegangan yang dihasilkan dan jumlah muatan yang dialirkan. Maka diperoleh definisi, tegangan diantara dua titik adalah sebesar satu volt bila ia membutuhkan energi sebesar 1 Joule untuk menggerakkan muatan 1 coulomb dari satu titik ke titik lainnya. Dalam persamaan dituliskan: $V = W/Q$ [Volt,V]

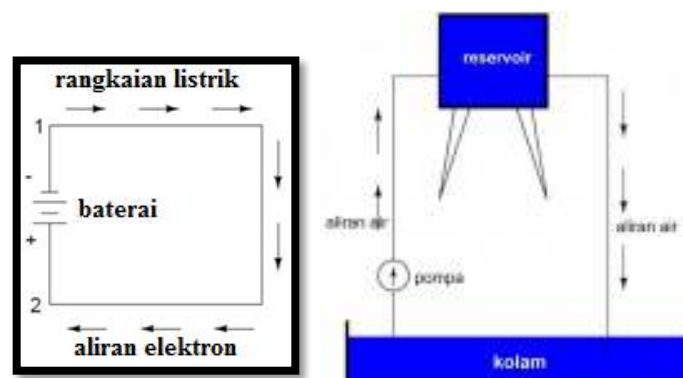
Dimana W adalah energi dalam joule, Q adalah muatan dalam coulomb, dan V adalah tegangan yang dihasilkan dalam volt. Yang perlu diperhatikan bahwasannya tegangan adalah perbedaan potensial diantara dua titik. Contoh pada baterai, tegangan tampak pada terminal-terminalnya. Sehingga, tegangan tidak akan ada bila dilihat dari satu titik saja, dengan kata lain harus ditentukan dari titik lainnya (beda potensial antara dua titik). Prinsip ini juga berlaku untuk sumber tegangan yang lainnya seperti generator dan solar cell. Simbol untuk sumber tegangan DC.

Baterai adalah sumber energi listrik yang menyebabkan muatan berjalan mengitari rangkaian. Perpindahan muatan ini disebut dengan arus listrik. Karena salah satu dari terminal baterai selalu positif dan yang lainnya negatif, aliran arus selalu mempunyai arah yang sama dan tetap. Arus yang bergerak satu arah ini disebut DC atau direct current (dalam bahasa Indonesia arus searah), dan baterai disebut dengan sumber DC. Simbol sumber DC ditunjukkan pada gambar. Garis yang lebih panjang menyatakan terminal positif (+) dan yang lebih pendek negatif (-). Selama tanda “+” dan “-“ dari baterai tidak terhubung, akan selalu ada tegangan di antara dua titik, tetapi tidak akan ada aliran elektron yang melewati baterai, karena tidak ada jalur yang kontinu yang bisa dilewati elektron.



Gambar 1.13. Ilustrasi Perbandingan Antara Baterai dan Reservoir

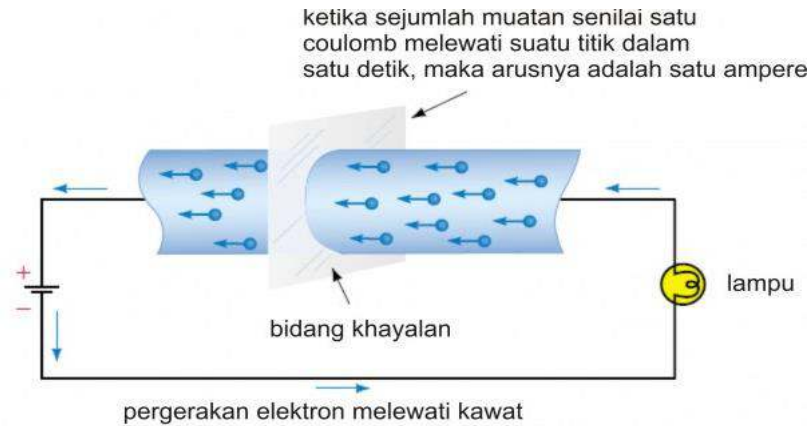
Prinsip yang sama juga terjadi pada reservoir air dan analogi pompa: tanpa jalur pipa dari reservoir ke kolam, energi yang tersimpan dalam reservoir tidak dapat dilepaskan (dalam bentuk aliran air). Begitu reservoir telah diisi penuh, tidak akan ada aliran yang terjadi, tidak peduli seberapa besar tekanan dari pompa yang dihasilkan. Yang dibutuhkan hanyalah jalur (rangkaiannya) bagi air untuk mengalir dari kolam, ke reservoir, dan kembali ke kolam lagi sehingga terjadi aliran yang kontinu. Kita dapat menyediakan jalur seperti ini pada baterai yaitu dengan menghubungkan sepotong kawat yang menghubungkan kedua terminal baterai. Membentuk suatu putaran tertutup, kita akan melihat aliran kontinu dari elektron:



Gambar 1.14. Ilustrasi Aliran Elektron Pada Baterai

C. Arus

Misalkan sebuah baterai dihubungkan seperti pada gambar dibawah ini. Karena elektron tertarik oleh kutub positif dari baterai dan ditolak oleh kutub negatif baterai, elektron tersebut bergerak mengitari rangkaian, melewati kawat, lampu, dan baterai. Pergerakan ini disebut dengan arus listrik. Semakin banyak elektron yang bergerak per detik, semakin besar nilai arusnya. Sehingga arus adalah aliran rata-rata (perpindahan rata-rata) dari muatan.

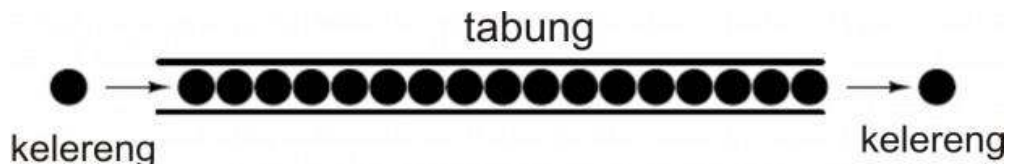


Gambar 1.15. Aliran Elektron

Sementara itu, gerakan elektron “bebas” normal pada sebuah induktor adalah acak, tanpa ada arah dan kecepatan tertentu, elektron dapat dipengaruhi gerakannya hingga memiliki keteraturan melalui bahan konduktif. Gerakan sejenis sesama elektron ini yang kita sebut sebagai listrik atau arus listrik. Untuk lebih tepatnya, dapat juga dikatakan sebagai listrik dinamis. Listrik dinamis berbeda dengan listrik statis, karena listrik statis adalah kumpulan muatan listrik yang tidak bergerak.

Seperti air yang mengalir melalui pipa yang kosong, elektron dapat melewati ruang kosong diantara atom-atom konduktor. Mungkin konduktor terlihat solid, padat, dan tanpa celah bila dilihat dengan kasat mata, tetapi material yang tersusun atas atom-atom kebanyakan merupakan celah/space kosong. Aliran air ini bisa digunakan untuk memahami gerakan elektron melewati konduktor yang sering disebut arus/aliran.

Yang perlu diperhatikan di sini adalah tiap-tiap elektron yang bergerak mungkin dianggap sebagai gerakan elektron yang berkelompok. Gerakan awal dan akhir dari aliran elektron yang melewati sepanjang jalur konduktif sebenarnya gerakan yang seketika itu juga bergerak dari ujung konduktor satu ke ujung lainnya, walaupun mungkin gerakan masing-masing elektron bisa saja lambat. Bayangkan saja sebuah tabung yang terisi penuh oleh kelereng.



Gambar 1.16. Tabung Kelereng

Tabung yang dipenuhi kelereng, seperti konduktor yang terisi penuh oleh elektron yang siap bergerak akibat pengaruh dari luarnya. Bila sebuah kelereng tiba-tiba dimasukkan ke dalam tabung penuh kelereng ini dari sebelah kiri, kelereng lain akan mencoba keluar dari tabung dari sebelah kanan. Walaupun tiap kelereng hanya

dapat bergerak dalam jarak yang dekat, transfer gerakan melalui tabung ini sebenarnya kilat dari ujung sebelah kiri ke kanan, tidak peduli seberapa panjang tabung itu. Dalam kelistrikan, efek keseluruhan dari suatu ujung konduktor ke ujung lainnya berlangsung dengan cepat, secepat kecepatan cahaya: bergeser secepat 186 000 mil per detik.

D. Ampere

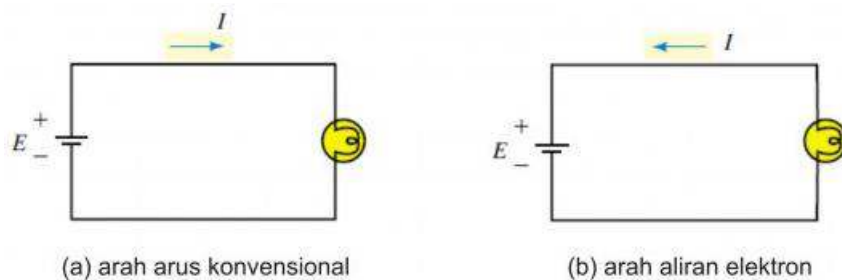
Karena muatan diukur dalam coulomb, berarti aliran rata-rata adalah coulomb per detik. Dalam sistem SI, satu coulomb per detik sama dengan satu ampere (biasanya disingkat A). Dari sini, kita dapatkan bahwa satu ampere adalah arus pada suatu rangkaian ketika muatan satu coulomb bergerak melewati suatu titik dalam satu detik. Simbol dari arus adalah I. Secara matematis:

$$I = Q/t \text{ [ampere,A]}$$

Dimana Q adalah muatan (dalam coulomb) dan t adalah selang waktu (dalam detik) selama pengukuran. Dari persamaan di atas yang perlu diingat adalah t bukanlah waktu diskrit, tetapi t adalah interval atau selang waktu selama transfer muatan terjadi. Walaupun secara teoritis arus didefinisikan dari rumus diatas, tetapi pada kenyataannya kita mengukur arus menggunakan alat yang disebut ammeter atau amperemeter.

E. Arah arus

Awalnya, diketahui bahwa arus adalah pergerakan dari muatan positif dan muatan positif tersebut bergerak mengitari rangkaian dari terminal positif baterai menuju terminal negatifnya. Seperti ditunjukkan pada gambar a. Dari sinilah hukum, teori dan simbol dari rangkaian dikembangkan. (Arah arus seperti ini disebut aliran konvensional yang lebih umum dipakai). Namun setelah penemuan struktur atom, diketahui bahwa sebenarnya pergerakan elektron pada konduktor logam seperti pada gambar b. Namun, karena sudah terlanjur menggunakan arah arus konvensional, maka kebanyakan menggunakan arah arus konvensional.



Gambar 1.17. Arah Arus Listrik

F. Baterai

Baterai adalah sumber dc paling umum. baterai dibuat dalam bermacam macam bentuk, ukuran, dan rating, mulai dari baterai ukuran kecil yang hanya mampu menyuplai arus sebesar beberapa mikroampere hingga baterai otomotif yang mampu menyuplai hingga ribuan ampere. Ukuran umum dari baterai adalah AAA (baca:A3), AA (baca: A2), C, dan D yang diilustrasikan pada gambar berikut. Semua baterai menggunakan tipe konduktor elektroda yang dibenamkan pada bahan electrolit. Interaksi kimia antara elektroda dan elektrolit menghasilkan tegangan pada baterai.



Gambar 1.18. Baterai

Sebenarnya baterai hanya bisa men-discharge. Tetapi beberapa tipe baterai dapat di-recharge (isi ulang). Baterai yang demikian disebut **baterai sekunder**. Tipe lain, yaitu **baterai primer**, tidak dapat diisi ulang. Contoh umum dari baterai sekunder adalah baterai gadget elektronik. Ia dapat diisi ulang dengan melewati arus dengan arah yang berlawanan dengan arah discharge nya. Contoh dari baterai primer adalah baterai pada lampu senter.

1. Tipe baterai dan aplikasinya

Dapat digolongkan berdasar tegangannya, daya tahannya dan karakteristik lain tergantung dari bahan apa baterai itu dibuat.

a. Alkaline

Tipe ini adalah yang paling luas penggunaannya. Baterai alkaline dapat digunakan pada lampu senter, radio portable, remote TV, pemutar kaset, kamera, mainan, dan lainnya. Baterai ini tersedia dalam berbagai ukuran seperti tampak pada gambar berikut ini. Baterai alkaline bisa mensuplai 50% hingga 100% total energi lebih besar dari pada baterai karbon-seng dalam ukuran yang sama. Nilai tegangan nominalnya 1,5V. Pada gambar ini: Berbagai macam baterai alkaline. Dari kiri ke kanan, baterai kotak 9V, baterai AAA, baterai AA, dan baterai C.

b. Karbon-Seng

Juga bisa disebut dengan elemen kering, baterai karbon-seng telah digunakan secara luas sejak lama, tetapi sekarang mulai digeser oleh kehadiran baterai Alkaline. Tegangan nominalnya sebesar 1,5 V.



Gambar 1.19. Baterai Alkaline



Gambar 1.20. Baterai Karbon Seng

c. Lithium

Baterai lithium memiliki ukuran yang kecil dan waktu pemakaian yang lama (bisa tahan hingga 10 – 20 tahun). Penggunaannya yaitu pada jam tangan, kamera, handphone, baterai cadangan pada memori komputer. Beberapa tipe baterai lithium tersedia dengan tegangan 2 V hingga 3,5 V dan rating arus mulai dari mikroampere hingga ampere.



Gambar 1.21. Baterai Lithium

d. Nickel-Kadmium

Biasanya disebut “Ni-Cad”, umumnya baterai ini dapat diisi ulang. baterai ini memiliki waktu hidup yang lama, dapat beroperasi pada range suhu yang lebar, dan didisain dalam banyak model dan ukuran, termasuk ukuran C, D, AAA, dan AA. Charger (mesin pengisi ulang) yang murah membuat baterai ini bersifat ekonomis untuk digunakan pada alat-alat hiburan di rumah.



Gambar 1.22. Baterai Ni-Cad

e. Lead Acid

Merupakan tipe baterai otomotif. Tegangan dasarnya kira-kira 2 volt, tapi umumnya, enam baterai dihubungkan secara internal sehingga menjadi bertegangan 12 volt pada terminalnya. Baterai lead-acid mampu mensuplai arus yang besar (hingga lebih dari 100 A) tapi hanya untuk periode pemakaian yang sebentar, contohnya: untuk menghidupkan mobil.



Gambar 1.23. Baterai Lead Acid

2. Kapasitas baterai

Saat baterai digunakan, kapasitasnya berkurang. Kapasitasnya dinyatakan dalam ampere-hour (ampere jam) atau disingkat Ah. Rating dari ampere-hour baterai sama dengan arus yang dihasilkan baterai tersebut dikalikan dengan lamanya pemakaian (dalam rating ampere tertentu sesuai pemakaian) hingga baterai tersebut tidak bisa dipakai lagi. Sebagai contoh, sebuah baterai mempunyai kapasitas 200Ah, secara teori dapat mensuplai 20A selama 10 jam, atau 5 A selama 40 jam dan seterusnya. Hubungan antara kapasitas, umur baterai, dan arus yang dihasilkan adalah:

$$\text{umur} = \text{kapasitas} / \text{arus}$$

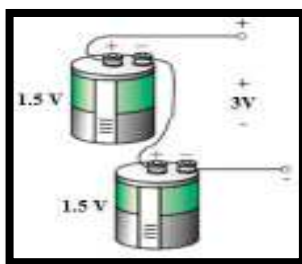
Kapasitas baterai tidak hanya berpatokan pada nilai-nilai yang telah disebutkan diatas, tetapi juga dipengaruhi beberapa faktor seperti jadwal pemakaian, suhu, arus yang dialirkan, dan lainnya. Contoh hubungan umur baterai dengan arus yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel (jenis Karbon-Seng).

Tabel 1.2. Hubungan Umur Baterai dengan Arus (Jenis Karbon – Seng)

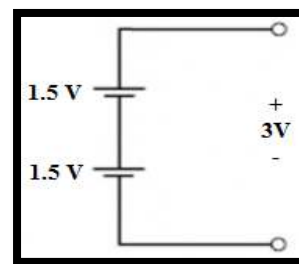
Ukuran	Arus (mA)	Umur
AA	3,0	450
	15,0	80
	30,0	32
C	5,0	520
	25,0	115
	50,0	53
D	10,0	525
	50,0	125
	100,0	57

3. Baterai dapat dirangkai seri maupun paralel

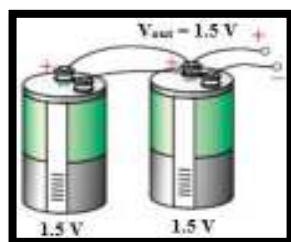
Bila baterai dirangkai secara seri, maka tegangan penggantinya adalah hasil penjumlahan dari tegangan kedua baterai tersebut. Sedangkan apabila baterai dirangkai secara paralel, maka tegangannya harus sama.



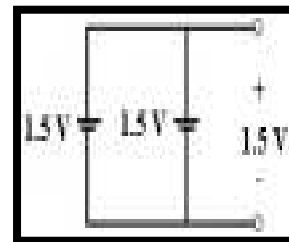
Gambar 1.24. Baterai Rangkaian Seri



Gambar 1.25. Skematik Rangkaian Seri



Gambar 1.26. Baterai Rangkaian Paralel



Gambar 1.27. Skematik Rangkaian Paralel

G. Resistansi (Hambatan)

Pada pembahasan sebelumnya telah dijelaskan mengenai konsep tegangan dan arus yang menyatakan bahwa arus adalah pergerakan dari muatan. Pada konduktor, pembawa muatan adalah elektron bebas yang bergerak karena dipasang sumber tegangan. Selama elektron bergerak dalam material, mereka bertumbukan dengan atom dan elektron lainnya secara konstan. Pada proses ini, elektron yang bergerak memberikan energi dalam bentuk panas. Tumbukan ini melawan gerakan dari muatan sehingga disebut hambatan (resistansi). Semakin besar melawannya, maka semakin besar juga nilai resistansinya, dan semakin kecil nilai arus yang dihasilkan dari sumber tegangan yang dipakai.

Komponen yang bernama resistor dibuat khusus untuk menghasilkan proses menghambat (melawan gerakan muatan) dan banyak dipakai pada rangkaian listrik dan elektronika. Walaupun resistor merupakan komponen paling sederhana dalam rangkaian listrik, namun pengaruhnya sangat penting dalam pengoperasian dalam suatu rangkaian. Resistansi dilambangkan dengan huruf R dan diukur dalam ohm (karena ditemukan oleh Georg Simon Ohm). Simbol ohm dalam huruf Yunani adalah omega (Ω).

1. Georg Simon Ohm dan Resistansi

Salah satu hubungan penting dalam teori rangkaian listrik antara tegangan, arus dan resistansi. Hubungan resistansi ini ditemukan oleh seorang ahli fisika bernama Georg Simon Ohm (1787 – 1854) dengan menggunakan rangkaian bekerja bersama Volta berhasil menemukan baterai dan kawat yang terbuat dari berbagai macam material, panjang, dan ketebalan. Ohm menemukan bahwa nilai arus dipengaruhi oleh tegangan dan resistansi.

Misalkan, untuk nilai resistansi yang tetap, dia menemukan bahwa dengan menambah dua kali lipat nilai tegangan, maka nilai arusnya juga bertambah dua kali lipat, nilai tegangan dinaikkan tiga kali lipat, maka arusnya juga naik tiga kali lipat, dan seterusnya. Juga, untuk nilai tegangan yang tetap, Ohm menemukan bahwa nilai arus berbanding terbalik dengan panjang kawat (semakin panjang kawatnya, semakin kecil nilai arusnya).

Nilai arus juga berbanding lurus dengan luas penampang dari kawat (semakin besar luas penampang kawat, semakin besar nilai arusnya). Dari sini, dia dapat menentukan nilai resistansi dari kawat dan menunjukkan bahwa arus berbanding terbalik dengan resistansi. Ketika dia membuat nilai resistansi menjadi dua kali lipat, maka nilai arusnya berkurang setengah dari nilai awalnya (berbanding terbalik). Kedua penemuan ini dikombinasikan dan menghasilkan Hukum Ohm. Hukum Ohm memegang peranan penting dalam analisa rangkaian listrik.

2. Resistansi dari Konduktor

Seperti dijelaskan sebelumnya, konduktor adalah material yang dapat mengalirkan muatan. Namun, konduktor tidak semuanya bersifat demikian. Kita akan mengetahui bahwa resistansi dari suatu material tergantung dari beberapa faktor:

- | | |
|----------------------|-------------------|
| a. Jenis material | c. Luas penampang |
| b. Panjang konduktor | d. Suhu |

Bila kawat dengan panjang tertentu dilalui arus, pergerakan dari elektron akan menumbuk elektron lainnya dalam material tersebut. Dengan mengganti material lain, maka berpengaruh dengan proses tumbukan ini. Misalkan, perak mempunyai lebih banyak elektron bebas dari pada tembaga sehingga resistansi dari perak lebih kecil dari pada tembaga (dalam ukuran yang sama). Jadi dapat kita simpulkan: Resistansi dari suatu konduktor bergantung dari jenis materialnya.

Bila panjang kawat kita panjangkan dua kali lipat, maka jumlah elektron yang bertumbukan juga menjadi dua kali lipat, sehingga resistansinya menjadi dua kali lipat. Efek ini dapat disimpulkan sebagai resistansi dari konduktor logam berbanding lurus dengan panjang konduktor. Faktor lain yang sedikit berpengaruh adalah luas penampang dari konduktor. Bila luas penampangnya bertambah, maka elektron yang bergerak juga semakin bebas melewati konduktor tersebut, seperti air yang bisa mengalir lebih bebas melalui pipa yang mempunyai diameter lebih lebar. Bila luas penampang dibuat dua kali lipatnya, maka jumlah elektron yang bertumbukan berkurang setengahnya. jadi kesimpulannya. Resistansi dari konduktor logam adalah berbanding terbalik dengan luas penampang dari konduktor.

Faktor-faktor yang telah disebutkan dianggap berada pada suhu tertentu. Hubungan matematisnya, dimana: ρ = konstanta resistivitas bahan, dalam ohm – meter (Ω m), l = panjang, dalam meter (m), A = luas penampang, dalam meter persegi (m^2). Pada persamaan di atas abjad kecil Yunani rho (ρ) adalah konstanta proporsional yang disebut dengan resistivitas bahan. Resistivitas adalah sifat fisis dari bahan yang diukur dalam ohm-meter (Ω m) dalam sistem SI.

H. Hukum Ohm

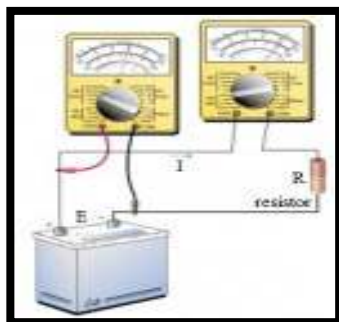
Menggunakan konsep rangkaian yang sama, Ohm melakukan eksperimen dan menemukan bahwa arus pada rangkaian resistif adalah berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan resistansinya. Dalam bentuk matematis, hukum Ohm:

$$I = E/R \text{ [ampere, A]}$$

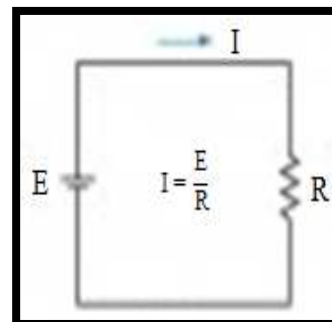
Dimana:

- E : tegangan dalam volt.
- R : resistansi dalam ohm.
- I : arus dalam ampere.

Dari rumus ini, anda dapat lihat bahwa semakin besar sumber tegangan yang dipakai, maka semakin besar arusnya, sedangkan apabila resistansinya diperbesar, maka arusnya semakin kecil.

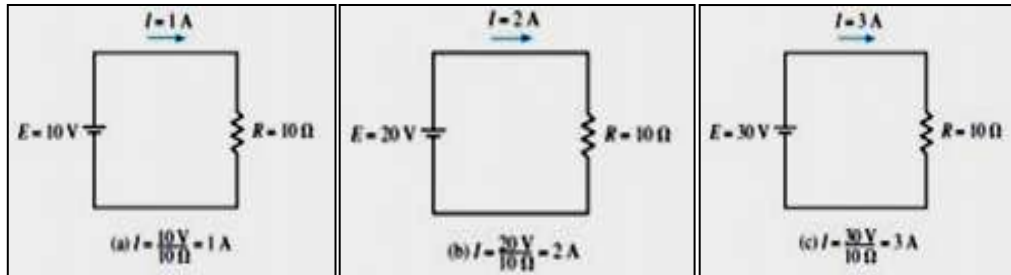


Gambar 1.28. Rangkaian Hukum Ohm



Gambar 1.29. Skematik Hukum Ohm

Hubungan proporsional antara tegangan dan arus pada persamaan diatas bisa didemonstrasikan dengan rangkaian pada gambar 1.30. Untuk nilai resistansi yang tetap, bila tegangannya dikalikan dua (gambar b) maka arusnya juga menjadi dua kali lipat, bila tegangannya dikalikan tiga, arusnya juga menjadi tiga kali lipat, dan seterusnya.

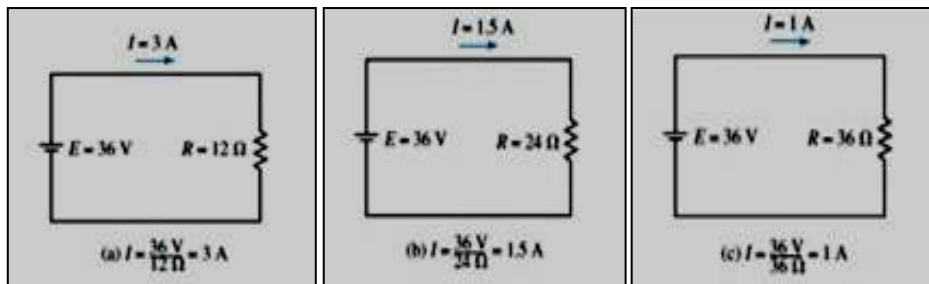


Gambar 1.30 : Untuk nilai resistansi yang tetap, arus berbanding lurus dengan tegangan; bila tegangan jadi dua kali lipat seperti pada (b) arusnya jadi dua kali lipat, bila tegangannya jadi tiga kali lipat seperti pada (c) arusnya jadi tiga kali lipat

Hubungan berbanding terbalik antara resistansi dengan arus didemonstrasikan pada gambar 1.31 . untuk nilai tegangan yang tetap, nilai resistansinya dibuat dua kali lipat (gambar b) maka arusnya berkurang setengah dari nilai awal, bila nilai resistansinya dibuat tiga kali lipat, maka arusnya menjadi sepertiga dari nilai awalnya, dan begitu seterusnya. Bentuk lain hukum Ohm bisa ditulis ulang menjadi:

$$E = IR \text{ [volt, V] dan } R = E/I \text{ [ohm, } \Omega \text{]}$$

Ketika menggunakan hukum Ohm, pastikan menulis semua satuan dalam bentuk dasarnya yaitu volt, ohm, dan ampere.

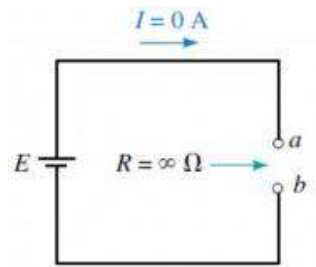


Gambar 1.31: Untuk nilai tegangan yang tetap, arus berbanding terbalik dengan resistansi; bila resistansi jadi dua kali lipat seperti pada (b) arus jadi setengahnya, bila resistansi jadi tiga kali lipat seperti pada (c) arusnya menjadi sepertiganya

1. Rangkaian Terbuka (Open Circuit)

Arus akan mengalir bila ada jalur konduktif (misal seperti : kabel). Apabila tidak ada konduktor, Arus (I) akan sama dengan nol karena tidak ada konduktor diantara kedua titik.. Kita menyebutnya sebagai rangkaian terbuka. Karena $I = 0$, Jadi, nilai resistansi pada rangkaian terbuka adalah tak hingga (besar sekali).

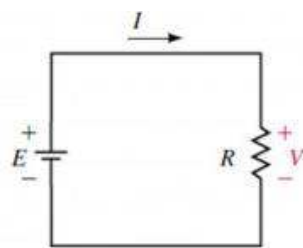
$$R = E/I = E/0 \approx \infty \text{ ohm}$$



Gambar 1.32. Sebuah Rangkaian Terbuka Dengan Resistansi Tak Terhingga

2. Simbol Tegangan

Ada dua simbol yang berbeda untuk melambangkan tegangan. Untuk sumber, digunakan huruf besar E; sedangkan untuk beban (dan komponen yang lain), digunakan huruf besar V. Seperti diilustrasikan pada gambar 1.29.

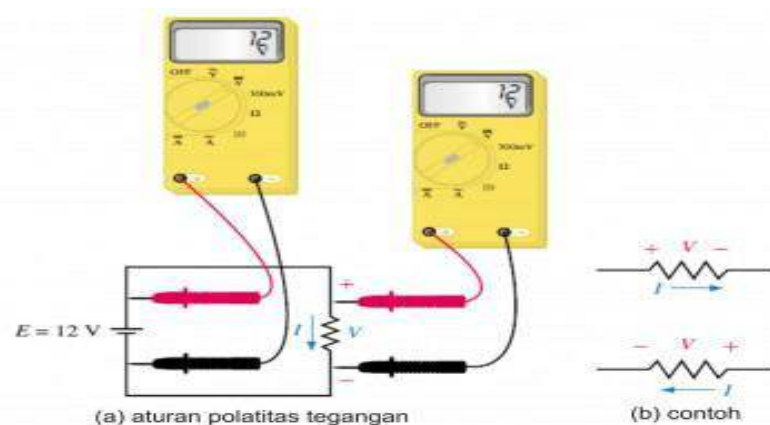


Gambar 1.33. Simbol Untuk Melambangkan Tegangan

E digunakan untuk sumber, sedangkan V digunakan untuk komponen seperti resistor. Menggunakan simbol V, hukum Ohm bisa ditulis ulang menjadi: $I = V/R$ [ampere,A], $V = IR$ [volt, V], $R = V/I$ [ohm]. Hubungan ini berlaku untuk semua resistor pada suatu rangkaian, tidak peduli seberapa kompleks rangkaian tersebut. Karena $V = IR$, tegangan ini sering disebut sebagai tegangan jatuh (voltage drop).

3. Polaritas Tegangan dan Arah Arus

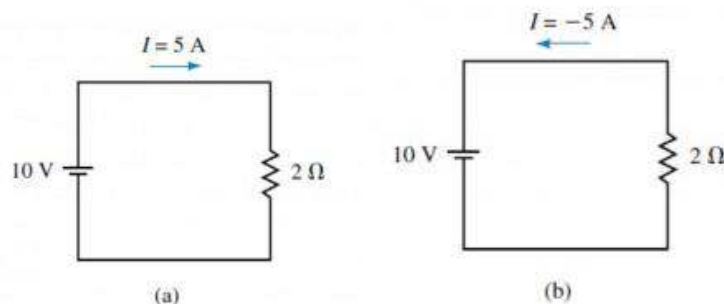
Sejauh ini, kita tidak terlalu memperhatikan polaritas tegangan pada resistor. Namun, polaritas adalah hal yang penting. Ada hubungan sederhana antara arah arus dengan polaritas tegangan. Untuk memahaminya, perhatikan gambar 1.30 (a). Pada gambar tersebut, polaritas V agak membingungkan karena resistor terhubung langsung dengan sumber. Tetapi hal ini membuat bagian ujung sebelah atas dari resistor menjadi positif dibandingkan bagian ujung bawahnya, dan $V = E = 12\text{ V}$ seperti yang ditunjukkan alat ukur.



Gambar 1.34. Aturan Perjanjian Untuk Polaritas Tegangan

Letakkan tanda plus (+) untuk terminal yang dimasuki oleh arus (lihat tanda anak panah). Sekarang dengan mempertimbangkan arus. Arah I bergerak dari bagian atas menuju ke bagian bawah resistor seperti yang ditunjukkan anak panah dari arah arus. Untuk tegangan pada resistor, selalu diletakkan tanda plus (+) pada bagian terminal dari resistor yang dimasuki arus (lihat tanda panah dari arah arus). Dua contoh tambahan ditunjukkan gambar 1.30 (b). Sebelum kita menuju pembahasan selanjutnya, kita akan membahas beberapa aspek penting dari arus. Pertama, tentang spesifikasi dari arus, anda harus menentukan nilai dan arahnya.

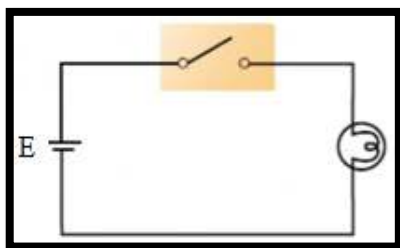
Secara normal kita melihat arah arus yaitu keluar dari terminal plus (+) dari suatu sumber. Untuk menentukan arah arus pada rangkaian yang mempunyai sumber tunggal adalah hal yang mudah. Namun, saat menganalisa rangkaian yang kompleks (seperti : rangkaian dengan sumber lebih dari satu), arah arus tidak mudah untuk ditentukan. Berdasarkan gambar 1.31. Pada (a), arah arus ditunjukkan dalam arah yang biasa, sementara pada (b), arah arusnya berlawanan dari gambar (a). Untuk mengartikan arah yang berlawanan ini, kita bisa mengubah tanda I (pada kasus ini tanda positif jadi negatif). Interpretasinya, arah arus positif pada suatu arah sama dengan arus negatif dalam arah yang berlawanan. Jadi, (a) dan (b) adalah gambar yang sama [$5 \text{ A} = -(-5 \text{ A})$]. Jadi, apabila anda mendapatkan solusi berupa nilai arus yang positif, ini berarti arah arus yang sebenarnya adalah sama dengan arah anak panahnya; tetapi bila anda mendapatkan nilai arus yang negatif, berarti arah yang sebenarnya kebalikan dari arah anak panah. Ini adalah konsep penting yang selalu digunakan dalam menganalisa rangkaian listrik.



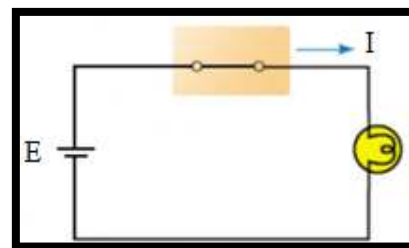
Gambar 1.35. Dua Gambar Rangkaian Yang Memiliki Arus Yang Sama

I. Saklar (Switch)

Bentuk saklar (switch) yang paling sederhana adalah saklar kutub tunggal lemparan tunggal (single throw) atau single pole single throw (SPST). Ketika saklar terbuka maka aliran arus akan terputus dan lampu akan padam, tetapi ketika saklar tertutup maka arus akan mengalir dan lampu akan menyala. Saklar tipe ini sering digunakan untuk saklar lampu.

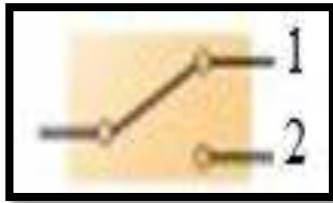


Gambar 1.36. Saklar SPST Terbuka

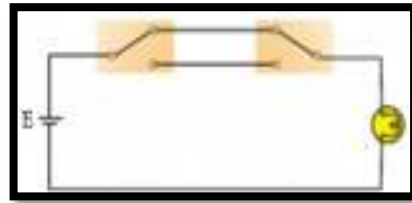


Gambar 1.37. Saklar SPST Tertutup

Bentuk selanjutnya saklar kutub tunggal lemparan ganda atau single pole double throw (SPDT). Saklar ini biasa digunakan untuk mengontrol lampu penerangan yang terpasang di tangga, sehingga lampu dapat dinyalakan dan dipadamkan melalui dua saklar (di tangga bawah dan tangga atas).



Gambar 1.38. Saklar SPDT

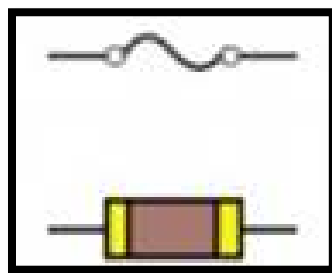


Gambar 1.39. Dua Saklar SPDT Mengontrol Sebuah Lampu

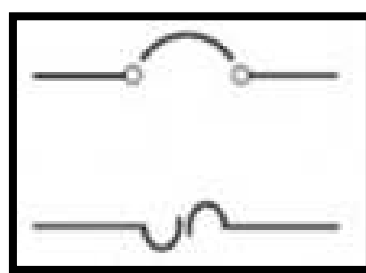
J. Sekering (Fuse) dan Pemutus Rangkaian (Circuit Breaker atau CB)

Sekering (fuse) dan pemutus rangkaian (CB) banyak digunakan untuk melindungi peralatan dari kelebihan beban. Contohnya: ketika penggunaan peralatan listrik yang terlalu banyak, maka sekering akan terputus sehingga listrik akan padam. Rangkaian sekering yang terbuka akan melindungi dari kelebihan beban dan kemungkinan terjadinya kebakaran. Sekering dan CB biasa digunakan peralatan portable untuk menghindari kerusakan internal (hubung pendek).

Sekering terbuat dari bahan logam dan dapat meleleh apabila kelebihan beban arus yang melewatinya. Apabila sebuah sekering mempunyai nilai 3A, maka berarti sekering akan terputus apabila dialiri arus melebihi 3A. Waktu pemutusan tergantung bahan yang digunakan, ada yang cepat sekali (seper beberapa detik) dan ada yang lambat. Pemutus rangkaian (CB) akan bekerja ketika nilai arus melebihi batas tertentu. Medan magnet yang dihasilkan oleh arus lebih mengakibatkan rangkaian mekanik membuka (terputus), kemudian akan kembali ke posisi awal dan rangkaian terhubung kembali. Pemutus rangkaian bekerja lebih lambat daripada sekering, sehingga apabila kelebihan arus hanya sesaat maka rangkaian mekanik tidak akan terputus.



Gambar 1.40. Simbol Sekering



Gambar 1.41. Simbol CB

Berikut adalah jenis-jenis circuit breaker:

1. **MCB (Miniatur Circuit Breaker)**, MCB adalah pengaman rangkaian yang dilengkapi dengan pengaman thermis (bimetal) untuk pengaman beban lebih dan juga dilengkapi relai elektromagnetik untuk pengaman hubung singkat. MCB banyak digunakan untuk pengaman sirkit satu fasa dan tiga fasa. Keuntungan menggunakan MCB sebagai berikut.

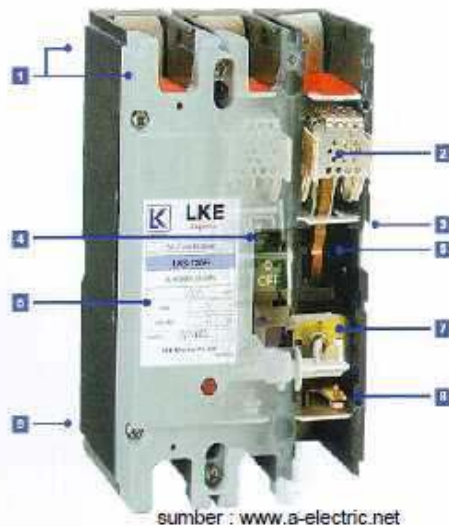
- a. Dapat memutuskan rangkaian tiga fasa walaupun terjadi hubung singkat pada salah satu phasanya.

- b. Dapat digunakan kembali setelah rangkaian diperbaiki akibat hubung singkat atau beban lebih.
- c. Mempunyai tanggapan yang baik apabila terjadi hubung singkat atau beban lebih.
- d. Pada MCB terdapat dua jenis pengaman yaitu secara termis dan elektromagnetis, Pengaman termis berfungsi untuk mengamankan arus beban lebih sedangkan Pengaman elektromagnetis berfungsi untuk mengamankan jika terjadi hubung singkat.



Gambar 1.42. MCB (Miniatur Circuit Breaker)

2. **MCCB (Molded Case Circuit Breaker)**, MCCB merupakan alat pengaman yang dalam proses operasinya mempunyai dua fungsi yaitu sebagai pengaman dan sebagai alat penghubung. Jika dilihat dari segi pengaman, maka MCCB dapat berfungsi sebagai pengaman gangguan arus hubung singkat dan arus beban lebih. Pada jenis tertentu, pengaman ini mempunyai kemampuan pemutusan yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.

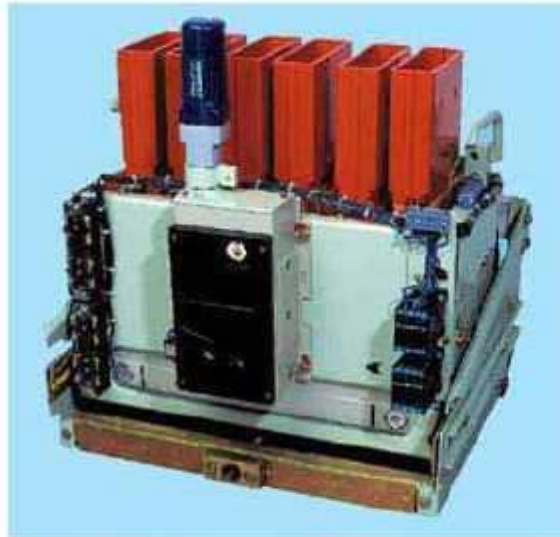


Keterangan :

- 1. Bahan BMC untuk bodi dan tutup
- 2. Peredam busur api
- 3. Blok sambungan untuk pemasangan ST dan UVT
- 4. Penggerak lepas-sambung
- 5. Kontak bergerak
- 6. Data kelistrikan dan pabrik pembuat
- 7. Unit magnetik trip

Gambar 1.43. Molded Case Circuit Breaker

3. **ACB (Air Circuit Breaker)**, ACB (Air Circuit Breaker) merupakan jenis circuit breaker dengan sarana pemadam busur api berupa udara. ACB dapat digunakan pada tegangan rendah dan tegangan menengah. Udara pada tekanan ruang atmosfer digunakan sebagai peredam busur api yang timbul akibat proses switching maupun gangguan.



sumber : www.global-b2b-network.com

Gambar 1.44. ACB (Air Circuit Breaker)

- **LV-ACB:**
 $U_e = 250V \text{ dan } 660V$
 $I_e = 800A-6300A$
 $I_{cn} = 45kA-170kA$

- **LV-ACB:**
 $U_e = 7,2kV \text{ dan } 24kV$
 $I_e = 800A-7000A$
 $I_{cn} = 12,5kA-72kA$

4. **OCB (Oil Circuit Breaker)**, Oil Circuit Breaker adalah jenis CB yang menggunakan minyak sebagai sarana pemadam busur api yang timbul saat terjadi gangguan. Bila terjadi busur api dalam minyak, maka minyak yang dekat busur api akan berubah menjadi uap minyak dan busur api akan dikelilingi oleh gelembung gelembung uap minyak dan gas. Gas yang terbentuk tersebut mempunyai sifat thermal conductivity yang baik dengan tegangan ionisasi tinggi sehingga baik sekali digunakan sebagai bahan media pemadam loncatan bunga api.

Sumber : www.toshiba.co.jp



Gambar 1.45. OCB (Oil Circuit Breaker)

5. **VCB (Vacuum Circuit Breaker)**, Pada dasarnya kerja dari CB ini sama dengan jenis lainnya hanya ruang kontak di mana terjadi busur api merupakan ruang hampa udara yang tinggi sehingga peralatan dari CB jenis ini dilengkapi dengan seal penyekat udara untuk mencegah kebocoran.



Gambar 1.46. VCB (Vacuum Circuit Breaker)

- SF6 CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker)**, SF6 CB adalah pemutus rangkaian yang menggunakan gas SF6 sebagai sarana pemadam busur api. Gas SF6 merupakan gas berat yang mempunyai sifat dielektrik dan sifat memadamkan busur api yang baik sekali. Prinsip pemadaman busur apinya adalah Gas SF6 ditiupkan sepanjang busur api, gas ini akan mengambil panas dari busur api tersebut dan akhirnya padam. Rating tegangan CB adalah antara 3.6 KV –760 KV.



Gambar 1.47. SF6 CB (Sulfur Hexafluoride Circuit Breaker)

- GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter)**, GFCI berfungsi memutus rangkaian jika terjadi kesalahan dalam grounding. Jika ada seseorang yang terkena sengatan listrik, secara otomatis dia akan meng-grounding-kan rangkaian. GFCI sendiri memiliki ground referensi. Ketika ground dari manusia dibandingkan dengan ground referensi, maka ground dari manusia dianggap suatu kesalahan. Maka GFCI akan memutus rangkaian dalam waktu kurang dari seperempat detik. Bagian dalam dari GFCI menyerupai Sekring model baru.



Gambar 1.48. GFCI (Ground Fault Circuit Interrupter)

8. **ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker)**, Cara kerja atau prinsip kerja ELCB adalah ketika terjadi kontak antara listrik dan tubuh manusia, maka arus akan mengalir melalui tubuh manusia ke grounding atau bumi maka akan terjadi perbedaan total arus yang melewati ELCB sehingga akan memicu alat tersebut memutuskan arus listrik seketika. Di dalam ELCB tidak terdapat pengamanan thermal ataupun magnetis (kecuali adanya tambahan komponen). Komponen ini juga tidak dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran arus yang melebihi 6kA.



Gambar 1.49. ELCB (Earth Leakage Circuit Breaker)

K. Sistem Keamanan Listrik

1. Efek Psikologis Dari Listrik

Mungkin kebanyakan dari kita pernah mengalami sengatan listrik atau istilahnya kesetrum yang menyebabkan tubuh kita terasa sakit atau trauma. Bila kita beruntung, mungkin kita hanya merasa sedikit terkena sentakan dari listrik yang melewati tubuh kita. Ketika kita sedang berada disekitar rangkaian listrik yang mampu mengirim daya yang besar ke beban, sengatan listrik menjadi masalah yang serius, kesakitan mungkin adalah akibat yang tidak terlalu signifikan dari sengatan itu.

Arus listrik dilewatkan melalui suatu material, kebalikan dari aliran elektron itu (resistansi = menghambat aliran elektron) menghasilkan suatu penyerapan energi, biasanya dalam bentuk panas. Ini adalah dasar yang mudah untuk dipahami dari efek listrik apabila dilewatkan pada tisu: arus menghasilkan panas. Bila jumlah panas yang dihasilkan itu cukup, tisu bisa saja terbakar. Efek secara fisik juga sama, yaitu menyebabkan kerusakan dari api yang mungkin saja dihasilkan dari suhu yang sangat tinggi akibat pemanasan berlebih.

Kemampuan listrik membakar tisu ini juga yang terjadi saat listrik mengalir pada tubuh anda, bahkan organ dalam anda bisa saja terbakar. Efek arus listrik lainnya pada tubuh adalah, mungkin yang paling signifikan dalam terminologi bahaya, bisa disebut sistem nervous. Maksud Sistem nervous disini adalah jaringan sel-sel khusus pada tubuh yang disebut “sel nerve” atau “neuron” yang berfungsi untuk menghantarkan sinyal tanggapan untuk gerakan pada fungsi organ-organ tubuh. Otak, syaraf tepi, dan sensor/organ gerak pada tubuh berfungsi bersama-sama sebagai indra perasa, bergerak, menanggapi, berpikir, dan mengingat.

Sel nerve/ neuron berkomunikasi satu sama lain sebagai “transduser”: menghasilkan sinyal listrik (arus dan tegangannya sangat kecil) dalam merespon input bentuk komponen kimia yang disebut neurotransmitter, dan melepaskan neurotransmitter ini ketika distimulasi oleh sinyal listrik. Bila arus listrik cukup untuk mengalir melewati makhluk hidup (seperti manusia), efek ini akan “menindih dan menutupi” dari impuls listrik normal yang nilainya kecil (yang murni dihasilkan oleh neuron), sehingga apabila tubuh kita dialiri listrik, otak kita merasakan sakit, otak kita mencoba merespon untuk menggerakkan otot, tetapi perintah ini tidak bisa sampai ke otot, karena jalur neurotransmitter tadi sudah dilewati listrik yang nilainya lebih besar, sehingga otot-otot kita terasa kaku saat kita kesetrum.

Masalah ini berbahaya bila korban menyentuh konduktor yang berenergi dengan tangannya. Apabila anda menyentuh kawat beraliran listrik menggunakan telapak atas tangan anda, lengan bawah tangan kita yang bertanggung jawab untuk menggerakkan jari-jari tangan cenderung berkontraksi untuk mengepalkan tangan, akibatnya, respon mengepal tangan dari lengan bawah ini menang, tangan kita mengepal dan tangan kita berhasil lepas dari kontak dengan kawat beraliran listrik itu. Namun apabila kita menggunakan telapak/ muka tangan untuk menyentuh kawat listrik, maka respon otot lengan justru akan mengepalkan tangan dan tangan kita justru akan menggenggam kawat ini sehingga memperburuk keadaan, korbanpun dalam bahaya karena tangannya tidak bisa dilepas dari kawat beraliran listrik itu.

Secara medis, kondisi kontraksi kaku pada otot disebut dengan tetanus. Para pakar listrik haruslah mengenal dengan efek sengatan listrik ini. Saat korban sengatan listrik merasakan ototnya kaku dan tidak bisa melepaskan diri dari kontak dengan kawat listrik ini, maka jalan satu-satunya adalah memutus aliran sumber listrik tersebut. Bahkan ketika arus sudah berhasil dihentikan, korban tidak langsung sadar dan tidak dapat menggerakkan ototnya, karena struktur neurotransmiternya masih kacau. Prinsip ini diaplikasikan pada alat “stun gun” (tembak pingsan) seperti Taser, dimana prinsipnya adalah membuat sengatan listrik tegangan tinggi beberapa saat pada korbannya melalui kedua elektrodanya. Kejutan listrik yang ditempatkan dengan baik membuat efek pusing/ pingsan sementara pada korbannya.

Efek Arus listrik juga berpengaruh terhadap otot rangka tubuh korbannya. Otot diafragma yang bertugas untuk mengontrol paru-paru dan jantung dapat menjadi kaku juga saat terkena sengatan listrik (mengalami tetanus). Bahkan arus listrik yang kecil saja sudah cukup untuk membuat jantung berhenti bekerja, kondisi pada jantung seperti ini disebut fibrillation. Jantung yang ter-fibrilasi akan berpengaruh terhadap detak jantung dan menyebabkan kegagalan memompa darah ke seluruh tubuh. Sehingga arus yang lebih besar bisa menyebabkan kematian karena korbannya mengalami sesak napas/ gagal jantung. Ironisnya, dalam dunia medis justru menggunakan sentakan listrik yang kuat untuk mengalirkan arus pada dada korban untuk memulai detakan jantung yang terfibrilasi hingga berdetak normal kembali.

Pembahasan bahaya listrik yang selanjutnya adalah pada sistem daya listrik (power system). Walaupun DC (direct current/ arus searah) banyak digunakan dalam peralatan elektronik, tetapi AC (alternating current/ arus bolak-balik) juga banyak digunakan. Berikut ini dibahas tentang bahaya yang ditimbulkan AC ataupun DC. Seberapa besar efek AC terhadap tubuh dipengaruhi oleh frekuensinya. Frekuensi rendah (50 hingga 60 Hz) AC digunakan di Amerika (60 Hz) dan Eropa (50 Hz) pada peralatan rumah tangga; dapat menjadi lebih berbahaya dari pada frekuensi AC yang lebih tinggi dan tiga hingga lima kali lebih berbahaya daripada DC pada tegangan dan nilai arus yang sama. AC berfrekuensi rendah menghasilkan kontraksi otot (tetanus) yang lebih besar. Sedangkan DC biasanya menyebabkan kontraksi kejangan yang tunggal.

AC mempunyai kecenderungan lebih besar untuk membuat neuron mengalami fibrilasi, sementara DC cenderung membuat jantung bertahan. Ketika sengatan listrik berhenti, jantung yang “membeku” mempunyai kemungkinan yang lebih besar untuk kembali bekerja seperti semula daripada jantung yang terfibrilasi. Inilah mengapa peralatan “defibrilasi” digunakan untuk kepentingan darurat dalam dunia medis: kejutan listrik yang dihasilkan dari peralatan ini adalah DC, yang menyebabkan terhentinya fibrilasi dan membuka kesempatan bagi jantung untuk bekerja kembali.

2. Jalur Kejutan Arus Listrik

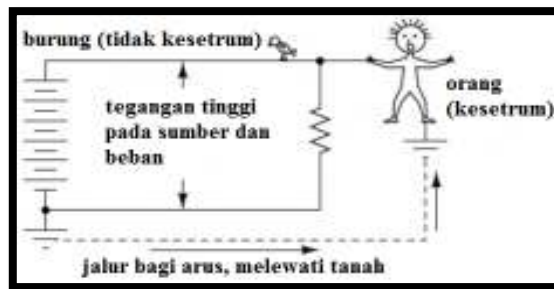
Seperi yang kita tahu, listrik membutuhkan jalur yang lengkap agar listrik itu dapat mengalir. Inilah mengapa kejutan yang dihasilkan dari listrik statis hanyalah berupa sentakan sesaat: aliran elektron terjadi dalam waktu yang singkat hingga muatan kedua benda sudah sama. Kejutan listrik sesaat ini umumnya tidaklah berbahaya. Tanpa adanya titik-titik kontak antara tubuh dengan arus untuk masuk dan keluar, maka tidak mungkin ada resiko kesetrum. Inilah mengapa burung dapat dengan aman hinggap di atas kabel saluran listrik bertegangan tinggi tanpa terkena sengatan listrik. Karena burung hanya hinggap pada satu titik kontak dalam rangkaian itu.



Gambar 1.50. Jalur Arus Listrik Dengan Satu Titik Kontak

Agar elektron mengalir melalui konduktor, harus ada tegangan untuk “menggerakannya”. Tegangan, seperti yang kita tahu, adalah besaran antara dua titik. Jadi tidak ada nilai tegangan hanya pada satu titik, karena burung hinggap pada satu titik pada rangkaian itu, sehingga tidak mungkin ada drop tegangan pada tubuh burung itu dan arus tidak bisa mengalir melalui tubuh burung itu. Satu titik? Tetapi burung punya dua kaki. Ya, meskipun burung itu mempunyai dua kaki, sehingga membuat dua titik pada rangkaian itu, tetapi kedua kaki burung itu hinggap pada kawat yang sama. Jadi tidak ada beda tegangan yang dihasilkan pada tubuh burung, dan tidak ada “penggerak” bagi arus untuk mengalir melalui tubuh burung.

Mungkin anda sulit untuk percaya bahwa burung yang hinggap pada suatu kabel tidak kesetrum. Seperti burung, apabila anda yakin bisa menyentuh hanya satu titik/menyentuh kabel yang sama pada waktu yang bersamaan, anda akan aman. Tetapi ini tidaklah benar. Tidak seperti burung yang bisa terbang, manusia biasanya berdiri di atas ground saat mereka menyentuh kawat yang beraliran listrik. Pada banyak penggunaan, salah satu ujung dari sistem kelistrikan dihubungkan ke tanah/ground bumi, sehingga saat seseorang kelihatannya hanya menyentuh satu titik pada kawat/ kabel tetapi sebenarnya orang tersebut membuat kontak diantara dua titik pada rangkaian itu (yaitu kawat dengan ground bumi).



Gambar 1.51. Jalur Arus Listrik Dengan Dua Titik Kontak

Simbol ground pada gambar adalah gambar tiga buah garis yang semakin kecil kebawah yang diletakkan pada bagian kiri bawah rangkaian pada gambar, sehingga kaki dari orang itu juga “kena setrum”. Pada kehidupan nyata, ground pada sistem daya listrik terdiri dari beberapa macam konduktor logam yang dibenamkan di dalam tanah untuk membuat kontak yang maksimum dengan bumi. Konduktor tersebut secara elektrik terhubung dengan sebuah titik koneksi tepat pada rangkaian tersebut dengan kawat yang tebal. Sambungan ground dari korban yaitu melalui kakinya, karena kakinya menyentuh tanah/ bumi.

Mungkin ada beberapa pertanyaan sebagai berikut: Bila keberadaan titik ground pada rangkaian membuat seseorang mudah terkena sengatan listrik, mengapa rangkaian itu harus mempunyai ground? Bukannya rangkaian tanpa ground menjadi lebih aman? Seseorang yang terkena sengatan listrik menggunakan alas kaki. Bila karet dan kain adalah bahan insulator (isolator), mengapa alas kaki yang mereka kenakan tidak melindungi korban dari sengatan listrik? Seberapa bagus konduktor dapat mengalirkan listrik? Bila anda bisa kesetrum karena arus listrik bisa melewati bumi, mengapa tidak memakai bumi saja sebagai penghantar listrik? Jawaban untuk pertanyaan nomor satu adalah, keberadaan titik “ground” adalah disengaja pada suatu rangkaian dimaksudkan untuk menyakinkan bahwa salah satu sisi dari rangkaian aman untuk disentuh. Perhatikan apabila korban pada diagram di atas menyentuh bagian bawah dari resistor, tidak akan terjadi apa-apa walaupun kaki dari orang itu menyentuh ground/ tanah:



Gambar 1.52. Jalur Arus Listrik Common Secara Elektrik Dengan Bumi

Karena bagian bawah dari rangkaian benar-benar terhubung ke ground melalui titik grounding dibawah kiri rangkaian, sehingga konduktor di bagian bawah rangkaian dibuat common (sejenis) secara elektrik dengan bumi. Karena tidak akan ada tegangan di antara titik common, tidak akan ada tegangan pada orang yang menyentuh kawat bagian bawah dan mereka tidak akan kesetrum. Karena kawat yang menghubungkan rangkaian dengan batang grounding biasanya dibiarkan telanjang (tidak diselubungi insulator), sehingga benda logam yang menyentuhnya akan sama-sama secara elektrik common dengan bumi.

Grounding pada rangkaian meyakinkan bahwa paling sedikit terdapat satu titik pada rangkaian itu yang aman untuk disentuh. Tetapi apa yang terjadi apabila rangkaian itu tidak di-grounding sama sekali? Bukankah seseorang menjadi aman untuk menyentuh satu titik pada rangkaian itu seperti yang dilakukan burung? Idealnya adalah ya. Tetapi secara praktek, tidak. Coba perhatikan apabila rangkaian tidak mempunyai ground sama sekali.



Gambar 1.53. Arus Listrik Dengan Jalur Rangkaian Tidak Lengkap

Meskipun faktanya kaki orang itu masih menyentuh ground, tetapi titik tunggal pada rangkaian itu menjadi aman untuk disentuh. Karena tidak ada jalur lengkap (rangkain) yang terbentuk melalui badan orang itu dari bagian bawah sumber tegangan ke bagian atas, tidak mungkin ada arus yang mengalir orang itu. Namun, semuanya akan berubah apabila terjadi grounding yang tidak disengaja, seperti sebuah pohon yang menyentuh kawat sehingga membuat jalur grounding ke bumi:



Gambar 1.54. Arus Listrik Dengan Jalur Grounding ke Bumi

Sambungan yang tidak disengaja antara kawat dengan bumi (ground) disebut kesalahan ground (ground fault). Kesalahan ground dapat disebabkan banyak hal, termasuk kotoran yang terbentuk pada insulator kawat (membentuk suatu jalur lumpur bagi arus dari konduktor ke kutub, dan ke ground, ketika hujan), saringan air ground yang ditanamkan, dan burung yang hinggap di kawat, menjembatani jalur ke kutub dengan sayap mereka. Dari banyak kasus kesalahan ground, cenderung tidak dapat diprediksi. Pada kasus batang pohon, tidak ada orang yang menjamin kawat

yang mana yang bersentuhan dengan dahan pohon. Bila sebuah pohon bersentuhan dengan kawat yang bagian atas pada rangkaian, ini akan membuat bagian atas dari kawat menjadi aman untuk disentuh tetapi bagian bawah yang menjadi bahaya apabila disentuh, seperti kebalikan dari skenario sebelumnya dimana pohon menyentuh bagian bawah rangkaian:



Gambar 1.55. Jalur Arus Listrik dengan Sambungan Ground Fault

Dengan menyambungnya dahan pohon pada bagian atas kawat pada rangkaian, kawat tersebut menjadi konduktor ground pada rangkaian itu, secara elektrik berarti tersambung dengan ground bumi. Sehingga tidak ada tegangan antara kawat atas dengan ground, tetapi tegangan penuh ada di antara kawat bagian bawah dan ground. Seperti disebutkan sebelumnya, dahan pohon adalah satu-satunya kemungkinan terjadinya kesalahan ground pada sistem tenaga listrik. Lihat sistem tenaga listrik tanpa ground dan tanpa kontak dengan dahan pohon, tetapi sekarang ada dua orang yang menyentuh kawat di satu titik.



Gambar 1.56. Sistem Tenaga Listrik Tanpa Ground dan Kontak Tetapi Dengan Orang Menyentuh Kawat Di Satu Titik

Dengan masing-masing orang berdiri di atas ground, menyentuh titik yang berbeda pada rangkaian itu, sebuah jalur arus listrik tercipta melewati satu orang, melewati bumi, dan melewati orang yang lainnya. Walaupun masing-masing orang berpikir mereka dapat dengan aman menyentuh suatu titik pada rangkaian itu, tetapi kombinasi dari aksi mereka menciptakan skenario mematikan. Efeknya, salah satu orang melakukan kesalahan ground yang membuat orang lainnya tidak aman. Inilah mengapa sistem tenaga listrik tanpa grounding sangatlah berbahaya: tegangan antara suatu titik pada rangkaian dengan ground (bumi) menjadi tidak bisa diprediksi, karena kesalahan ground bisa saja terjadi pada suatu titik dan pada suatu waktu.

Satu-satunya karakter yang terjamin secara aman pada semua skenario dan kondisi ini adalah burung, yang sama sekali tidak mempunyai sambungan ke ground bumi. Dengan menyambungkan suatu titik pada rangkaian ke ground bumi (meng-grounding rangkaian), paling tidak keamanan bisa dijamin pada suatu titik pada rangkaian itu. Ini lebih aman dari pada tidak punya ground sama sekali. Untuk pertanyaan kedua, sepatu kulit memang memiliki sifat isolator dalam menghantarkan listrik untuk melindungi penggunanya dari sengatan listrik melalui kakinya. Namun, kebanyakan disain sepatu pada umumnya tidak benar-benar aman secara elektrik, bagian tapak sepatu terlalu tipis dan substansi bahannya tidak tepat. Juga, kelembapan, kotoran, atau garam konduktif yang dihasilkan dari keringat membuat sepatu tidak lagi aman.

Ada beberapa sepatu yang dibuat khusus untuk menanggulangi bahaya listrik, bagian telapak terbuat dari karet yang tebal sehingga bisa menahan listrik saat si pemakai bekerja pada rangkaian listrik yang sedang beroperasi, tetapi penggunaan sepatu ini harus benar-benar bersih, kering sehingga bisa bekerja secara efektif. Jadi, alas kaki yang biasa tidaklah cukup untuk menjamin perlindungan dari sengatan listrik. Penelitian tentang konduksi dan resistansi kontak antara bagian tubuh manusia dengan titik kontak (seperti ground) menunjukkan nilai-nilai yang berbeda-beda. Seperti tertera pada data ini.

- a. Kontak tangan atau kaki, tertutup oleh karet : umumnya $20 \text{ M}\Omega$
- b. Kontak kaki menggunakan sepatu yang alasnya dari kulit (kering) : $100 \text{ k}\Omega$ hingga $500 \text{ k}\Omega$
- c. Kontak kaki menggunakan sepatu yang alasnya dari kulit (basah) : $5 \text{ k}\Omega$ hingga $20 \text{ k}\Omega$

Seperti yang anda lihat, tidak hanya karet yang lebih baik dari pada kulit sebagai insulator, tetapi kehadiran air pada bahan-bahan ini akan mengurangi nilai resistansi insulator ini dalam jumlah yang sangat besar. Jawaban untuk pertanyaan nomor tiga, kotoran/debu bukanlah konduktor yang baik. Kotoran terlalu kecil disebut sebagai konduktor untuk mengalirkan arus listrik. Namun, ia akan mengalirkan sedikit arus untuk mencederai atau bahkan membunuh manusia, bahkan nilai konduktivitas yang sangat kecil pada debu pun dapat menghasilkan jalur arus listrik yang mematikan ketika ada cukup tegangan yang besar. Beberapa permukaan ground adalah insulator yang lebih baik dari pada lainnya. Misalnya aspal yang diminyaki, mempunyai nilai resistansi yang lebih besar dari pada kotoran atau batu. Namun beton cenderung memiliki resistansi yang rendah karena ia tersusun dari air dan bahan elektrolit (bahan kimia yang konduktif).

3. Hukum Ohm Dalam Sistem Keamanan Listrik

Sebuah frase umum yang biasanya menjadi referensi pada sistem keamanan listrik biasanya diucapkan begini: “Bukan tegangan yang membunuh, tetapi arus!” butuh pemahaman lebih untuk memahami bahaya listrik dari peribahasa sederhana ini. Bila tegangan tidak berbahaya, tidak mungkin seseorang menuliskan tanda : danger – high voltage (bahaya – tegangan tinggi) Prinsip yang menyatakan bahwa “arus yang membunuh” adalah tepat. Arus listriklah yang membakar tisu, membekukan otot, dan memfibrilasi jantung. Namun, arus listrik tidak akan terjadi begitu saja: harus ada tegangan yang tersedia untuk memotivasi elektron untuk mengalir korbannya. Tubuh seseorang terlihat seperti suatu resistansi bagi arus. Dengan menggunakan hukum Ohm tentang tegangan, arus, dan resistansi, dan dinyatakan dalam rumus:

$I = E/R$, Arus = Tegangan / Resistansi

Jumlah arus yang mengalir tubuh sama dengan jumlah tegangan yang dipasangkan di antara dua titik pada tubuh, dibagi dengan resistansi elektrik yang dihasilkan tubuh di antara kedua titik itu. Berarti, semakin besar nilai tegangan yang dipakaikan semakin mudah bagi elektron untuk mengalir melewati suatu nilai resistansi. Jadi, bahaya tegangan tinggi berarti potensi bagi arus yang besar untuk melewati tubuh anda, yang akan mencederai atau membunuh anda.

Kebalikannya, semakin besar nilai resistansi, semakin lambat bagi elektron untuk mengalir pada nilai tegangan tertentu. Seberapa besar tegangan itu berbahaya tergantung seberapa besar nilai resistansi total pada rangkaian itu untuk melawan gerakan elektron.

Nilai resistansi pada tubuh tidaklah tetap. Nilainya bervariasi dari seseorang dengan orang yang lainnya dan dari waktu ke waktu. Bahkan Ada teknik pengukuran berat badan berdasarkan pengukuran nilai resistansi elektrik diantara jari kaki dengan jari tangan seseorang. Perbedaan persentase berat tubuh memberikan nilai resistansi yang berbeda: hanya ada satu variabel yang berpengaruh pada resistansi elektrik pada tubuh manusia. Agar teknik ini dapat bekerja secara akurat, seseorang harus mengatur pemasukan fluida ke dalam diri mereka dalam beberapa jam sebelum dites, kelembapan tubuh juga mempengaruhi nilai resistansi pada tubuh.

Resistansi pada tubuh juga bervariasi bergantung bagaimana kontak yang dibuat oleh kulit: apakah antara tangan ke tangan, tangan ke kaki, kaki ke kaki, tangan ke alis mata, dsb. Keringat, yang mengandung banyak garam dan mineral, adalah konduktor listrik yang baik karena mereka berwujud likuid. Jadi darah juga terdiri dari bahan-bahan kimia yang konduktif. Sehingga kontak dengan kawat dengan tangan yang basah akan memberikan nilai resistansi yang lebih kecil dari pada saat kondisi tangan bersih dan kering.

Pengukuran resistansi elektrik menggunakan sebuah alat ukur yang sensitif, saya mendapatkan pengukuran kira-kira satu juta ohm ($1\text{ M}\Omega$) diantara kedua tangan saya, diukur dengan cara menggengam kedua probe dari ohmmeter di antara kedua tangan saya. Ohmmeter akan menunjukkan resistansi yang lebih kecil ketika saya menggengam kedua probe itu lebih erat dan resistansinya bertambah besar saat saya merenggangkan genggaman.

Apabila kita bekerja pada tempat yang panas, kotor, dan lingkungan industri, resistansi diantara kedua tangan kita akan kemungkinan besar menjadi lebih besar, sehingga kemungkinan arus dapat membunuh kita lebih kecil. Tetapi seberapa besar bahaya dari arus listrik? Untuk menjawabnya, hal itu bergantung dari beberapa faktor. Struktur kimia tubuh seseorang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap aliran listrik.

Beberapa orang memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap arus listrik, ada yang mengalami kontraksi otot karena sengatan listrik statis, ada pula yang tidak begitu terasa. Walaupun berbeda-beda, pedoman perkiraan telah diteliti dengan melakukan tes menggunakan arus yang kecil untuk mengetahui seberapa bahaya efek sengatan listrik terhadap tubuh. Semua data di bawah ini dinyatakan dalam miliampere (miliampere = $1/1000$ ampere).

Tabel 1.3. Tingkatan Bahaya Efek Sengatan Listrik Terhadap Tubuh

Efek pada tubuh	Arus searah (dc)	60 Hz AC	10 kHz AC
Sedikit Terasa oleh tangan	Pria = 1.0 mA Wanita = 0.6 mA	0.4 mA 0.3 mA	7 mA 5 mA
Tanggapan Ambang batas	Pria = 5.2 mA Wanita = 3.5 mA	1.1 mA 0.7 mA	12 mA 8 mA
Terasa sakit, tetapi otot masih bisa digerakkan	Pria = 62 mA Wanita = 41 mA	9 mA 6 mA	55 mA 37 mA
Terasa sakit, tidak dapat lepas dari kawat	Pria = 76 mA Wanita = 51 mA	16 mA 10.5 mA	75 mA 50 mA
Sangat sakit, kesulitan bernafas	Pria = 90 mA Wanita = 60 mA	23 mA 15 mA	94 mA 63 mA
Kemungkinan fibrilasi jantung setelah 3 detik	Pria = 500 mA Wanita = 500 mA	100 mA 100 mA	

Perlu diingat bahwa data-data di atas merupakan perkiraan, karena tubuh tiap orang memiliki struktur kimia yang berbeda sehingga reaksinya kemungkinan juga berbeda-beda. Diperkirakan arus 17 mA AC sudah cukup untuk membuat jantung seseorang terfibrilasi pada berbagai kondisi. Data-data di atas kebanyakan diperoleh dari percobaan terhadap hewan. Karena sangat tidak dimungkinkan melakukan percobaan terhadap tubuh manusia, sehingga data-data di atas kurang lengkap dan valid. Tidak diketahui secara pasti, mengapa tubuh wanita kurang tahan dibandingkan tubuh pria. Misalkan saya meletakkan kedua tangan saya pada terminal sumber tegangan AC yang punya frekuensi 60 Hz. Berapa nilai tegangan yang dibutuhkan pada kondisi ini, sehingga arus yang mengalir sebesar 20 mA pada kulit yang kering (sehingga membuat saya tidak bisa melepaskan diri dari sumber tegangan ini)? Kita bisa menggunakan hukum Ohm ($V=IR$) untuk menghitungnya:

$$V = IR$$

$$V = (20 \text{ mA}) (1 \text{ M}\Omega) = 20 \text{ 000 V} = 20 \text{ kV}$$

Anggap ini adalah skenario kasus terbaik (kulit bersih dan kering), maka tegangan hasil perhitungan di atas menunjukkan nilai yang dibutuhkan yang dapat menyebabkan tetanus. Tapi yang perlu diingat adalah tubuh tiap orang membutuhkan nilai tegangan yang berbeda-beda, sehingga perhitungan di atas hanya nilai pendekatan. Apabila ada air pada tangan saya misal karena keringat, maka resistansi yang terukur antar tangan saya adalah 17 000 ohm (17 k Ω). Apabila tangan yang basah ini menyentuh kawat, maka nilai tegangan yang dibutuhkan agar arus yang mengalir tubuh saya sebesar 20 mA adalah:

$$V = IR = (20 \text{ mA}) (17 \text{ k}\Omega) = 340 \text{ V}$$

Pada kondisi nyata, nilai tegangan yang dibutuhkan hanyalah 340 V agar arus yang mengalir tubuh saya adalah 20 mA. Namun, nilai tegangan di bawah ini (340 V) yang bisa membuat efek mematikan kemungkinan masih tetap ada. Apabila nilai resistansi tubuh kita lebih rendah lagi (nilai resistansi yang rendah dapat diperoleh dengan cara memegang erat tangan-tangan kita pada titik-titik bertegangan/full contact dengan benda seperti pipa logam) maka resistansi tubuh bisa turun sebesar 1 000 ohm, menyebabkan nilai tegangan yang rendah pun berpotensi berbahaya bagi tubuh manusia.

$$V = IR = (20 \text{ mA}) (1 \text{ k}\Omega) = 20 \text{ V}$$

Perhatikan bahwa pada kondisi ini, tegangan hanya 20 V sudah cukup untuk mengalirkan arus sebesar 20 mA pada tubuh seseorang: cukup untuk menyebabkan tetanus. Ingat, telah dijelaskan sebelumnya bahwa arus sebesar 17 mA sudah bisa menyebabkan fibrilasi pada jantung. Bila resistansi tangan ke tangan sebesar 1000 Ω , nilai tegangan 17 V saja sudah cukup untuk menyebabkan kondisi berbahaya.

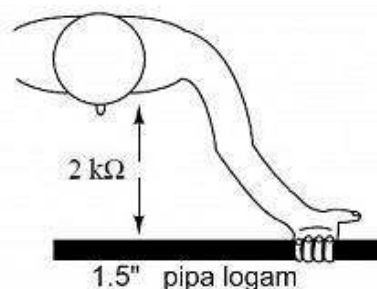
$$V = IR = (17 \text{ mA}) (1\text{k}\Omega) = 17 \text{ V}$$

Tegangan 17 V bukanlah tegangan yang terlalu besar pada suatu sistem kelistrikan. Bisa dipastikan, ini adalah skenario terburuk apabila sumber tegangannya adalah 60 Hz AC dan nilai resistansi tubuh seseorang serendah ini. Kondisi yang dibutuhkan untuk menghasilkan resistansi tubuh sebesar 1000 Ω tidaklah semudah seperti yang telah diilustrasikan contoh di atas (bahkan kondisi kulit tangan berair yang kontak dengan pipa logam tidak serendah ini). Namun, resistansi dari tubuh bisa menurun saat menyentuh suatu sumber tegangan. Jadi nilai arusnya bisa semakin besar saat tubuh seseorang kesetrum, efek pada tubuhpun jadi lebih fatal.

Peneliti telah melakukan perkiraan nilai-nilai resistansi tubuh yang menyentuh suatu titik dan dalam kondisi tertentu:

- Kawat yang tersentuh dengan jari : 40 k Ω hingga 1 M Ω kering, 4 k Ω hingga 15 k Ω basah.
- Kawat yang dipegang tangan : 15 k Ω hingga 50 k Ω kering, 3 k Ω hingga 5 k Ω basah.
- Penjepit logam yang dipegang tangan : 5 k Ω hingga 10 k Ω kering, 1 k Ω hingga 3 k Ω basah.
- Kontak dengan telapak/muka tangan : 3 k Ω hingga 8 k Ω kering, 1 k Ω hingga 2 k Ω basah.
- Pipa logam diameter 1.5 inci yang digenggam satu tangan : 1 k Ω hingga 3 k Ω kering, 500 Ω hingga 1.5 k Ω basah.
- Pipa logam diameter 1.5 inci yang digenggam dua tangan : 500 Ω hingga 1 500 Ω kering, 250 Ω hingga 750 Ω basah.
- Tangan yang tercelup pada cairan konduktif : 200 Ω hingga 500 Ω
- Kaki yang tercelup pada cairan konduktif : 100 Ω hingga 300 Ω

Perhatikan nilai resistansi ketika memegang pipa logam ukuran 1.5 inci. Resistansi yang terjadi saat pipa dipegang kedua tangan persis setengah nilai resistansi saat pipa itu dipegang oleh satu tangan.



Gambar 1.57. Resistansi Pada Pipa Yang Dipegang Dengan Satu Tangan

Dengan menggenggam pipa menggunakan dua tangan, maka area kontak tubuh menjadi dua kali lebih besar dari pada dengan menggunakan satu tangan. Ini adalah salah satu hal penting untuk dipelajari: resistansi elektrik di antara benda-benda akan menjadi berkurang apabila luas permukaan kontakannya lebih besar. Dengan memegang pipa menggunakan dua tangan, elektron memiliki dua jalur, yaitu jalur yang paralel. Elektron dapat mengalir melalui pipa atau juga bisa melewati tubuh si pemegang pipa. Seperti yang kita tahu, rangkaian paralel selalu akan menghasilkan nilai resistansi total/pengganti yang lebih kecil dari pada nilai-nilai resistansi yang menyusunnya (dalam hal ini adalah : resistansi pipa dengan resistansi tubuh si pemegang).



Gambar 1.58. Resistansi Pada Pipa Yang Dipegang Dengan Dua Tangan

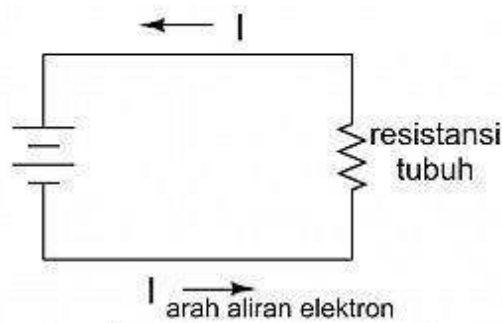
Dalam dunia industri, 30 V adalah ambang batas tegangan berbahaya. Seseorang harus berhati-hati terhadap tegangan di atas 30 V, jangan mengandalkan resistansi tubuh normal untuk melawan bahaya sengatan listrik. Seperti dianjurkan sebelumnya, cara terbaik adalah menjaga tangan tetap bersih dan kering, serta melepas semua perhiasan/benda logam saat bekerja dengan listrik. Walaupun nilai tegangannya lebih kecil, perhiasan/logam yang melekat pada tubuh dapat mendatangkan bahaya karena arus yang terkonduksi cukup untuk membakar kulit apabila menyentuh di antara dua titik pada suatu rangkaian. Cincin logam dapat menyebabkan jari-jari terbakar apabila terjembatani di antara dua titik bertegangan rendah, karena arus yang dihasilkan bisa cukup besar.

Jalur yang diambil arus saat mengalir pada tubuh seseorang mempengaruhi tingkat bahayanya. Arus akan merusak otot-otot yang dilewatinya, termasuk jantung dan paru-paru (diafragma) adalah bagian yang paling berbahaya, sehingga arus yang melewati bagian dada adalah yang paling berbahaya. Hal ini menyebabkan seseorang yang kesetrum karena kontak melalui tangan ke tangan adalah jalur “penyetruman” yang paling fatal (diafragma terletak di antara kedua tangan).

Untuk menghindari bahaya yang demikian, dianjurkan untuk menggunakan satu tangan saat bekerja pada rangkaian listrik yang sedang “menyala” pada tegangan tinggi, sementara tangan yang lain sebaiknya dimasukkan ke dalam kantong saku. Tetapi tentu saja, bekerja pada rangkaian listrik yang sedang “mati” lebih aman dari pada bekerja saat rangkaian “menyala”, tetapi hal ini terkadang tidak praktis dan tidak memungkinkan. Lebih baik tangan yang digunakan untuk bekerja adalah tangan yang sebelah kanan, karena jantung terletak pada bagian dada sebelah kiri.

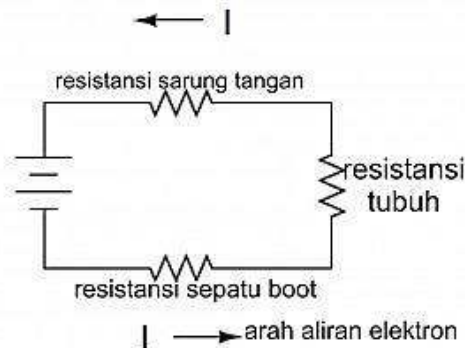
Tetapi bagi mereka yang kidal, menggunakan tangan kanan untuk bekerja bukanlah pilihan tepat. Pilihan ini justru akan membahayakan karena dia tidak biasa menggerakkan tangan yang kanan. Jadi, pilihan tangan yang mana untuk bekerja itu tergantung individu itu sendiri, tangan yang mana yang membuat ia lebih nyaman untuk bekerja. Perlindungan terbaik dari sengatan listrik adalah resistansi, dan resistansi dapat ditambahkan pada tubuh dengan peralatan pelindung seperti sarung

tangan, sepatu boot, atau perlengkapan lain. Arus pada rangkaian adalah fungsi variabel tegangan dibagi dengan resistansi total pada jalur yang dilewati listrik.



seseorang yang kontak langsung dengan sumber tegangan:
 arus dibatasi hanya oleh resistansi tubuh ($I = E/R$)

Sekarang kita akan lihat rangkaian ekivalen apabila seseorang mengenakan pelindung seperti sarung tangan dan sepatu boot.



seseorang yang mengenakan pelindung sepatu boot dan sarung tangan
 menyentuh suatu sumber tegangan: arus dibatasi oleh resistansi total

$$I = E / (R_{\text{tubuh}} + R_{\text{sarung tangan}} + R_{\text{sepatu boot}})$$

Karena arus listrik harus melewati sepatu boot, tubuh orang, dan sarung tangan sehingga membuat jalur/rangkaian yang lengkap agar dapat kembali ke sumber tegangan (baterai), resistansi total dari kombinasi ini akan lebih mampu “menahan” laju elektron dari pada saat kita tidak mengenakan boot dan sarung tangan. Keselamatan adalah salah satu alasan mengapa kawat biasanya ditutup dan diselimuti dengan bahan plastik atau karet yaitu untuk meningkatkan nilai resistansi antara konduktor tersebut apabila bersentuhan dengan objek lain, misal tubuh manusia. Tetapi, untuk menutup kawat dengan bahan seperti plastik atau karet biasanya sangatlah mahal, maka jalan lain untuk mencegah bahaya sengatan listrik yaitu dengan cara meletakkan kawat tersebut jauh-jauh dari jangkauan manusia, misal diletakkan di atas tiang listrik.

L. Praktek Keamanan

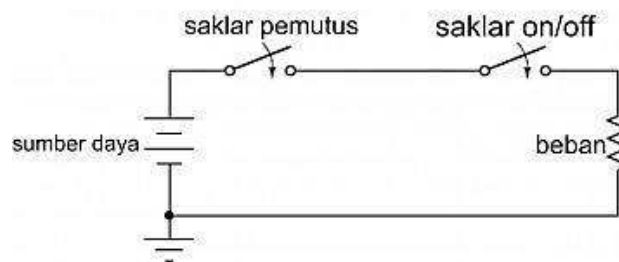
Bila memungkinkan, matikan semua suplay daya sebelum kita bekerja pada rangkaian listrik tersebut. Dalam dunia industri, perlindungan rangkaian, divais, dan sistem pada kondisi ini disebut dengan Zero Energy State (kondisi energi nol). Tujuannya jelas, keselamatan. Perlindungan dengan Zero Energy State berarti mematikan semua potensi atau energi yang tersimpan, dan tidak hanya sebatas pada bidang kelistrikan, tapi termasuk juga:

1. Tegangan berbahaya
2. Tekanan Pegas (Spring Pressure)

3. Tekanan hidrolik (cair)
4. Tekanan pneumatik
5. Pengangkat beban
6. Energi kimia (substansi yang reaktif atau mudah terbakar)
7. Energi nuklir (substansi radio aktif)

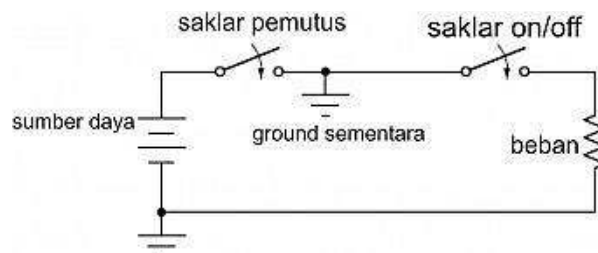


Salah satu cara pelindungan pada rangkaian listrik adalah dengan cara memutus rangkaian tersebut. Terkadang, cara ini digunakan untuk mencegah apabila terjadi kelebihan arus, biasanya alat ini bekerja otomatis dan dikenal dengan nama circuit breaker. Namun ada juga pemutus rangkaian yang dioperasikan manual, misalkan saklar. Biasanya divais yang terputus ini tidak langsung dihubungkan ke alat pemutus utama, terkadang masih diberi saklar keamanan tambahan sebagai tombol on/off untuk melindungi sistem:



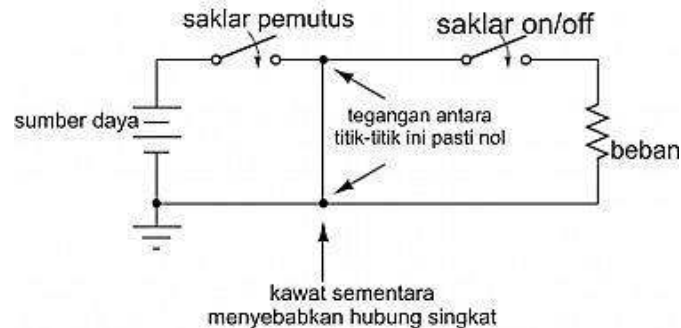
Gambar 1.59. Rangkaian Listrik Dengan Circuit Breaker

Pada rangkaian yang telah diputus atau kondisi “open circuit” maka tidak ada jalur kontinu bagi arus untuk dapat mengalir. Nilai tegangan pada beban sama dengan nol, namun tegangan penuh berada pada saklar pemutus rangkaian. Perhatikan bahwa saklar pemutus tidak perlu ditempatkan pula pada bagian bawah rangkaian. Karena bagian bawah ini tersambung dengan ground (bumi), maka secara elektrik bagian ini common dengan bumi, dan aman untuk disentuh. Untuk perlindungan yang maksimum untuk seseorang yang sedang bekerja pada beban rangkaian tersebut, biasanya bagian atas dari beban dihubungkan ke ground untuk sementara waktu untuk lebih meyakinkan tidak ada tegangan pada beban.



Gambar 1.60. Rangkaian Kondisi Open Circuit Dengan Ground Sementara

Dengan menggunakan ground sementara ini, maka kedua sisi beban (atas dan bawah) telah dihubungkan ke ground, menciptakan Kondisi Zero Energy pada beban tersebut. Karena kedua sisi beban disambung ke dua ground, maka cara lain yang dapat dilakukan adalah dengan menyambung bagian atas beban dengan kabel yang disambungkan ke ground bagian bawah untuk keamanan yang maksimum.



Keuntungan lain dengan proteksi model ini adalah mencegah bahaya apabila terjadi kegagalan pada pemutus rangkaian. Apabila pemutus rangkaian ini tiba-tiba menutup saat pekerja masih memegang beban, maka hal ini membahayakan pekerja. Rangkaian kabel sementara akan membentuk rangkaian short circuit (hubung singkat) pada beban, ketika pemutus rangkaian tiba-tiba tertutup, tetapi pekerja tersebut masih dalam keadaan aman. Terkadang penggunaan saklar pemutus ini bukan untuk perlindungan terhadap sengatan listrik, tetapi untuk mencegah arus berlebih pada kebel sehingga menyebabkan panas berlebih yang dapat memicu kebakaran.

M. Tanggapan Darurat



Walaupun sistem keamanan listrik ini telah diterapkan, namun masih tetap saja terjadi kecelakaan. Bisa karena tidak melakukan prosedur dengan benar, ataupun karena faktor kelalaian. Namun, apabila kecelakaan ini masih tetap terjadi, anda masih dapat melakukan sesuatu, tindakan yang tepat harus dilakukan apabila seseorang menjadi korban sengatan listrik. Bila anda melihat seseorang yang kesetrum mengalami kejang dan tidak dapat melepaskan diri, langkah pertama adalah mematikan suplay daya dengan cara memutus rangkaian pada saklar atau circuit breaker. Bila seseorang menyentuh orang yang sedang kesetrum ini, apabila resistansi tubuh si “penolong” ini tidak cukup, maka bisa jadi si penolong ini ikut-ikutan kesetrum juga, dan mengalami kaku seperti korban yang pertama. Pastikan situasi telah menjadi aman apabila anda akan menyentuh korban kesetrum, atau bila tidak anda yang akan menjadi korban berikutnya, dan upaya anda akan sia-sia.

Satu masalah yang mungkin muncul adalah kita tidak mengetahui letak suplay dayanya atau dimana letak pemutus rangkaiannya. Apabila korban kesetrum ini menjadi kaku, dan mengalami sesak bernafas atau serangan jantung, waktu yang anda butuhkan sangatlah terbatas. Bila nilai arusnya cukup besar, bukan tidak mungkin, organ dalam dari korban ini akan terpengang karena panas berlebih dari proses disipasi daya pada tubuh korban. Bila kita tidak bisa menemukan posisi suplay daya atau pemutus rangkaiannya, maka hal yang mungkin dapat anda lakukan adalah memukul atau menarik paksa korban menggunakan alat yang bersifat isolator/non logam (yang susah menghantar listrik). Misalkan menggunakan tali khusus, yang bersifat isolator. Dengan cara menali tubuh korban dengan tali ini, lalu menariknya dengan paksa. Biasanya, kalau korban kesetrum sudah menjadi “beku” begini, menarik tubuh korban tidaklah mudah.

Apabila korban sudah berhasil lepas dari sengatan listrik, segeralah melakukan pertolongan medis, korban kesetrum biasanya mengalami masalah pada sistem pernapasan dan peredaran darahnya. Apabila si penolong terlatih dalam CPR, mereka seharusnya melakukan pengecekan terhadap pernapasan dan detak jantung korban, lalu menerapkan CPR pada korban agar tubuh korban tidak mengalami deoksigenisasi (kekurangan oksigen). Prinsip utama dari CPR adalah upaya mempertahankan nyawa korban hingga seseorang yang lebih ahli datang ke tempat kejadian. Apabila korban masih sadar, maka anda harus membuat korban dalam kondisi nyaman hingga pertolongan medis datang. Karena korban kesetrum biasanya mengalami efek trauma secara psikologis dan mengalami ketidakteraturan detak jantung setelah beberapa jam kemudian.

N. Bahaya Sumber-Sumber Listrik



Tentu saja orang yang bekerja pada suatu rangkaian listrik memiliki resiko bahaya yang besar. Namun, bahaya sengatan listrik juga terdapat di tempat-tempat lainnya. Seperti pembahasan sebelumnya, kulit dan resistansi tubuh memiliki pengaruh yang relatif terhadap bahaya sengatan listrik. Semakin tinggi nilai resistansi tubuh, maka semakin kecil bahaya yang ditimbulkan arus listrik. Begitupula sebaliknya, semakin rendah resistansi tubuh, maka semakin besar peluang cedera yang dihasilkan dari arus listrik yang mengalir pada tubuh kita. Cara paling mudah untuk menurunkan resistansi tubuh kita adalah dengan membuatnya basah. Oleh karena itu, menyentuh peralatan listrik dengan tangan, kaki yang basah atau dalam kondisi berkeringat (air asin memiliki konduktivitas yang lebih tinggi dari pada air tawar) adalah berbahaya. Di dalam rumah, kamar mandi adalah salah satu tempat yang kemungkinan besar seseorang berada dalam kondisi basah saat menyentuh peralatan listrik, sehingga resiko bahaya sengatan listrik sangat besar. Disain kamar

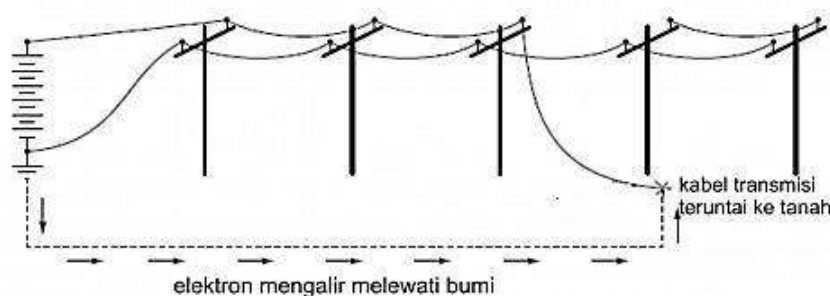
mandi yang baik adalah kamar mandi dimana colokan listrik diletakkan jauh-jauh dari bak mandi, shower, dan menghindari penggunaan colokan listrik dari air. Telepon yang dicolokkan pada soket di tembok juga merupakan sumber tegangan yang berbahaya (tegangan open circuitnya adalah 48 V DC, dan sinyal dering telepon adalah 150 V AC – ingat-ingat bahwa tegangan di atas 30 V saja sudah berpotensi membahayakan. Peralatan seperti telepon dan radio jangan pernah digunakan saat berada di dalam bak mandi. Bahkan bateraipun jangan di dekatkan dengan air.

Kolam renang adalah sumber bahaya lainnya, karena banyak orang menggunakan radio atau peralatan elektronik lainnya di dekat kolam renang. Organisasi The National Electrical Code menyarankan penggunaan stop kontak khusus dengan pendeteksi sengatan listrik yang disebut Ground-Fault Current Interrupting (GFI atau GFCI) dipasangkan dalam kondisi basah dan di luar ruangan untuk menghindari kecelakaan tersengat listrik. Alat khusus ini tidak diragukan lagi telah menyelamatkan nyawa banyak orang sebagai alat pendeteksi yang cerdas.

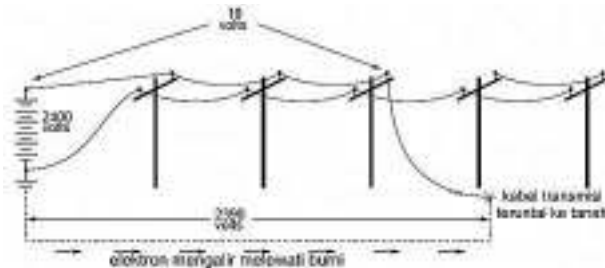
Kabel listrik, yang biasa dipakai di rumah-rumah dan industri, juga merupakan sumber bahaya. Semua kabel harus diperiksa secara berkala apabila terjadi pengikisan dan pengelupasan pada pelindung kabel. Satu metode untuk memindahkan kabel yang rusak adalah dengan cara melepasnya dari stop kontak, kemudian memotong colokannya (kabel “male”) dengan tang pemotong untuk memastikan tidak ada orang yang akan menggunakannya hingga selesai diperbaiki. Ini adalah hal penting di tempat kerja/perkantoran, di mana banyak orang menggunakan peralatan yang sama secara bergantian, dan kebanyakan dari mereka tidak peduli terhadap bahaya.

Peralatan listrik yang menunjukkan tanda-tanda permasalahan listrik harus diperbaiki dengan segera. Saya pernah mendengar beberapa cerita horor dari orang-orang yang tetap melanjutkan kerja dengan peralatan listrik yang bermasalah ini, dan kebanyakan dari mereka mengalami kesetrum. Ingat, listrik dapat membunuh. Kabel transmisi listrik yang teruntai ke bawah berpotensi sebagai sumber bahaya kesetrum dan harus dihindari. Tegangan di antara kabel saluran transmisi atau antara kabel dengan ground bumi adalah sangat tinggi (2400 V adalah rating tegangan terendah yang digunakan pada sistem distribusi listrik). Bila kabel transmisi ini rusak dan konduktor logam ini terjatuh ke bawah bersentuhan dengan ground, akan dihasilkan suatu loncatan bunga api yang sangat hebat, sangat cukup untuk bisa mencongkel bebatuan atau bahkan aspal dari permukaan tanah.

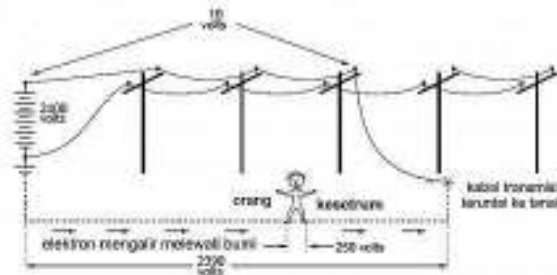
Apabila seseorang mengalami kontak langsung dengan kabel saluran transmisi yang terputus ini bisa dipastikan orang itu akan menemui ajalnya, tidak hanya itu, bahaya yang tersembunyi juga dihasilkan dari kejadian ini. Ketika kabel bertegangan tinggi ini menyentuh ground, arus akan mengalir diantara konduktor yang terjatuh ini dengan titik grounding terdekat pada sistem tersebut, sehingga menghasilkan sebuah rangkaian seperti gambar berikut ini:



Bumi atau tanah, menjadi konduktor (meskipun resistansinya besar), akan mengkonduksikan arus listrik diantara kabel yang terjatuh ini dengan titik grounding terdekat, biasanya titik grounding ini ditanamkan dalam tanah. Tanah memiliki konduktansi yang lebih kecil daripada untai kabel yang terjatuh ini, akan menciptakan tegangan drop substansial diantara titik kabel yang terputus dengan ground dan konduktor grounding, dan sedikit drop tegangan sepanjang kabel (nilai ini merupakan nilai perkiraan):



Apabila jarak antara dua titik kontak ground (kabel yang terjatuh dengan sistem ground) berdekatan, akan tercipta tegangan drop substansial sepanjang jarak antara dua titik ini. Oleh karena itu, seseorang yang berdiri diatas tanah/ground diantara dua titik ini akan berada dalam kondisi yang berbahaya dan akan dialiri arus listrik melalui tegangan yang tercipta diantara kedua kakinya.

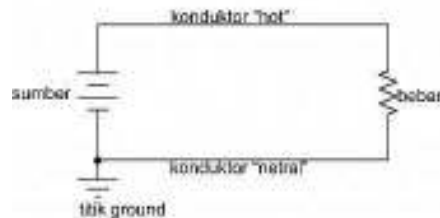


Lagi-lagi, nilai pada gambar di atas adalah nilai tegangan perkiraan. Tetapi tetap saja nilai tegangannya tinggi dan berbahaya. Dari ilustrasi ini dapat diketahui bahwa potensi bahaya sengatan listrik juga terjadi dari tempat-tempat yang tak terduga. Bahkan saat orang tersebut jelas-jelas tidak menyentuh kabel. Tindakan yang harus anda lakukan apabila melihat kabel listrik terputus dan terjatuh ke atas tanah adalah dengan melakukan kontak satu titik di atas tanah yaitu dengan berdiri menggunakan satu kaki, atau anda dapat berlari (ketika anda berlari, hanya satu kaki yang menyentuh tanah pada satu waktu). Saat anda berlari, kedua kaki anda tidak akan menyentuh tanah secara bersamaan sehingga anda tidak akan kesetrum.

O. Disain Rangkaian Yang Aman

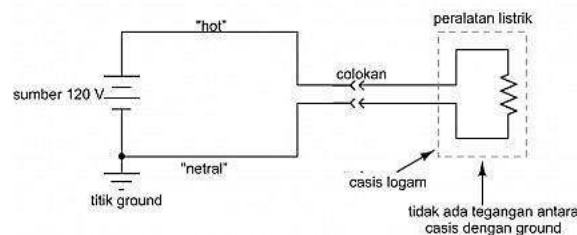


Seperti dijelaskan sebelumnya, suatu sistem listrik yang tidak dilindungi dengan ground bumi, faktor keselamatan pada rangkaian itu tidak bisa diprediksi. Dengan men-grounding salah satu sisi dari sumber tegangan pada rangkaian itu, maka setidaknya ada satu titik yang aman dan bebas dari ancaman sengatan listrik. Pada suatu sistem daya listrik sederhana yang menggunakan dua kawat, konduktor yang terhubung dengan ground disebut neutral (netral), dan konduktor yang lain disebut “hot”, atau juga disebut live atau aktif.

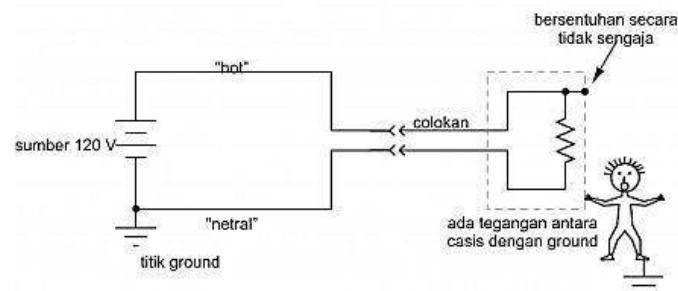


Gambar 1.61. Disain Rangkaian Yang Aman

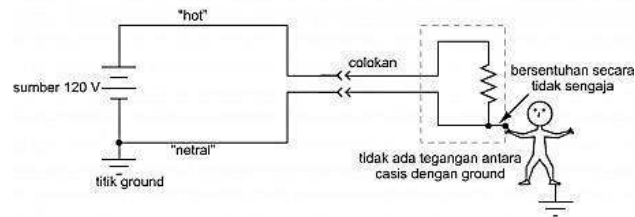
Dengan menggunakan ground, maka bisa dijamin paling sedikitnya satu titik pada rangkaian itu yang aman untuk disentuh (0 V untuk ground). Bagian “Hot” dari rangkaian itu, disebut demikian karena berpotensi terjadinya bahaya sengatan listrik, akan sangat berbahaya untuk disentuh kecuali rangkaian tersebut dilengkapi dengan pemutus rangkaian. Ketidakseimbangan bahaya diantara dua konduktor pada rangkaian listrik sederhana adalah hal penting untuk dipelajari. Berikut ini akan diilustrasikan mengenai sistem pengkabelan peralatan listrik rumah tangga yang umum (dipilih contoh sumber tegangan DC agar lebih sederhana): Bila kita perhatikan, peralatan listrik rumah tangga seperti pemanggang dengan casing logam konduktif, kita tidak mungkin bisa melihat bahaya kesetrum saat alat ini dinyalakan. Kawat yang mengkonduksikan listrik menuju elemen pemanas pada pemanggang ini diisolasi dari sentuhan dengan casing logam (atau dengan kawat yang lainnya) dengan menggunakan plastik ataupun karet.



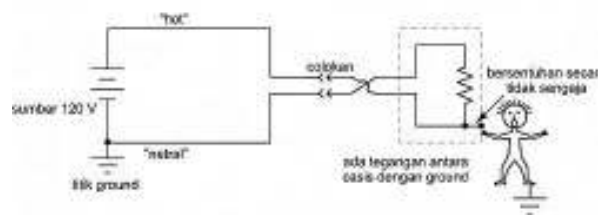
Tetapi, apabila kawat-kawat yang berada dalam pemanggang ini secara tidak sengaja bersentuhan dengan casing logam, casing tersebut secara elektrik akan menjadi common terhadap kawat, sehingga apabila anda menyentuh casing pemanggang sama bahayanya seperti memegang kawat dengan tangan kosong. Apakah ini akan menyebabkan sengatan listrik atau tidak, ini tergantung dari sentuhannya:



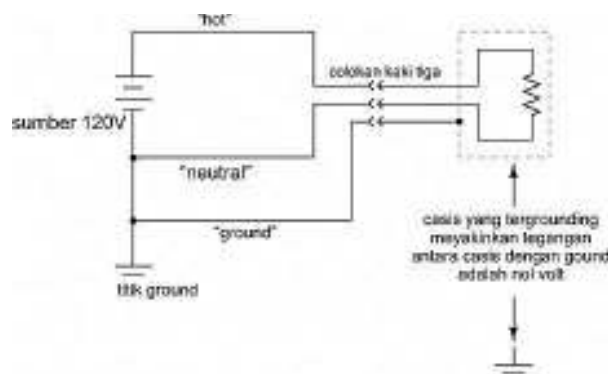
Bila kabel “hot” yang menyentuh casing, maka si pemakai akan berada dalam bahaya saat memegang casing dari pemanggang. Namun, apabila yang menyentuh casing adalah kawat netral, maka hal ini tidaklah berbahaya.



Untuk membantu memastikan bahwa kesalahan ini tidak mungkin terjadi, para insinyur mencoba untuk mendisain peralatan dimana kecil kemungkinannya kabel “hot” bersentuhan dengan casing suatu peralatan. Idealnya, tentu saja, anda tidak ingin kedua kawat (hot dan netral) bersentuhan dengan casing dari peralatan listrik. Tetapi pada prakteknya, ada satu cara untuk mendisain layout peralatan itu sehingga hanya satu kawat saja yang dijamin tidak akan bersentuhan dengan casing. Namun, metode pencegahan ini akan efektif hanya jika polaritas suplay dayanya tidak berubah-ubah. Bila polaritas dari sumber dayanya berubah-ubah, maka bisa saja yang bersentuhan dengan casing adalah kawat yang “hot”.

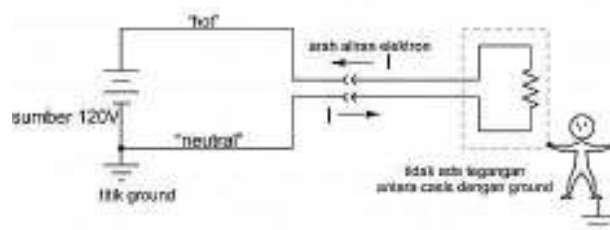


Peralatan yang didisain seperti ini biasanya menggunakan suplay daya yang polaritasnya tetap, salah satu terminal dari colokan/stekernya dibuat lebih sempit dari pada terminal yang satunya. Stop kontaknya juga didisain seperti ini, satu lubang (slot) dibuat sempit dari pada lubang yang lainnya. Sehingga, steker dari peralatan listrik ini tidak bisa dicolokkan pada stop kontak secara terbalik (hanya ada satu cara), sehingga identitas polaritas dari kawat di dalamnya tidak berubah. Disain ini tidak mempengaruhi fungsi dan kerja dari peralatan tersebut: disain ini semata-mata untuk faktor keselamatan. Cara lain yang lebih sederhana adalah membuat casing dari peralatan itu dari bahan isolator bahkan terkadang dibuat double isolator, sehingga apabila ada kawat yang tidak sengaja bersentuhan dengan casing, tidak akan membahayakan penggunaannya. Namun ada juga disain yang tetap menggunakan casing yang bersifat konduktif, namun menggunakan konduktor ketiga yang dihubungkan ke ground:

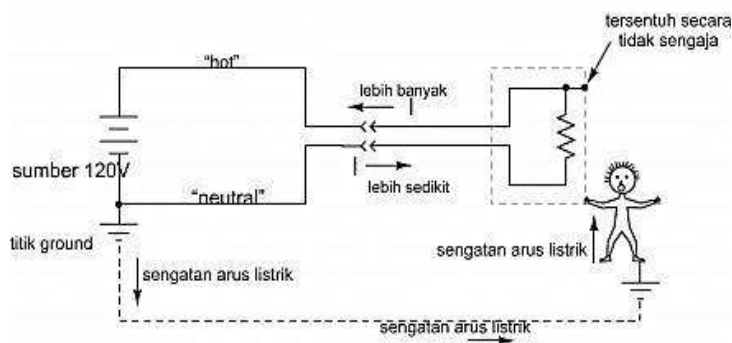


Terminal ketiga dari steker peralatan listrik tersebut membuat casis dari peralatan tersebut terhubung langsung ke ground bumi, sehingga dua titik secara elektris common satu sama lain. Apabila common secara elektris, maka tidak mungkin ada tegangan diantaranya. Jadi, apabila konduktor yang “hot” bersentuhan dengan casis peralatan tersebut, maka akan terbentuk jalur short circuit menuju sumber tegangan itu melalui kawat ground, casis tersebut terlindung dari arus berlebih, dan si pengguna akan selamat. Inilah mengapa, jangan sekali-sekali memotong terminal ketiga pada steker suatu peralatan listrik ketika anda mencoba memasukkan secara paksa ke stop kontak dengan dua slot. Bila ini dilakukan, tidak akan ada grounding pada peralatan itu yang digunakan untuk keselamatan si pemakai. Memang peralatan itu masih berfungsi sebagaimana mestinya, tetapi apabila ada kerusakan/kesalahan internal didalam peralatan itu, misalkan kawat “hot” menyentuh casis, maka akan berakibat fatal bagi si penggunanya.

Apabila terminal tiga kaki ini mau tidak mau harus digunakan, maka gunakanlah adaptor stop kontak kaki tiga ke dua, sehingga sistem grounding untuk keselamatan si pemakai tetap terjamin. Teknik keselamatan listrik tidak hanya bertujuan untuk “mengamankan” bagian bebannya saja. Perlindungan diri (safeguard) terakhir yang digunakan untuk menghindari sengatan listrik dapat dirangkai dibagian power supply nya, bukan dibagian peralatannya itu sendiri. Perlindungan diri (safe guard) ini disebut dengan pendeteksi kesalahan ground (ground-fault detection), dan prinsip kerjanya seperti ini:



Pada suatu peralatan listrik yang sedang digunakan (seperti gambar di atas), arus yang terukur pada kawat “hot” harusnya sama dengan arus yang mengalir pada kawat netral, karena kedua kawat ini tersusun pada jalur yang sama (terangkai seri). Ketika tidak ada kesalahan di dalam peralatan itu, tidak akan ada sambungan diantara konduktor dengan si pemakai yang sedang memegang casis peralatan tersebut, sehingga si pemakai tidak kesetrum. Namun, apabila konduktor hot secara tidak sengaja bersentuhan dengan casis logam, akan ada aliran arus melewati orang yang sedang memegang casis tersebut. Keberadaan dari arus sengatan ini akan menimbulkan perbedaan nilai arus yang mengalir pada kawat hot dengan kawat netral dari stop kontak tersebut:



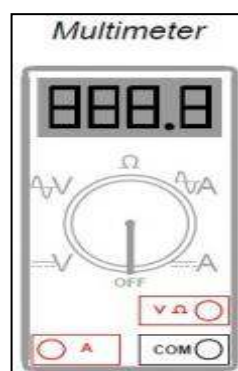
Perbedaan arus pada kawat netral dengan hot ini akan terjadi hanya jika terdapat arus yang mengalir menuju sambungan ground, berarti terdapat kesalahan pada sistem. Oleh karena itu, perbedaan nilai arus ini akan dideteksi sebagai suatu kesalahan. Bila ini terjadi, pendeteksi ketidakseimbangan arus ini akan menjadi trigger dan memutuskan sambungan, rangkaian menjadi terbuka dan si pemakai terhindar dari sengatan listrik:



P. Penggunaan Alat Ukur Listrik Yang Aman

Menggunakan alat ukur listrik secara aman dan efisien mungkin adalah suatu kemampuan yang berharga bagi seorang teknisi elektronika, baik itu untuk keamanan bagi dirinya sendiri atau untuk kemampuan dalam bidang pekerjaannya. Kecerobohan adalah salah satu faktor penyebab kecelakaan bagi seorang teknisi. Alat ukur listrik yang paling umum digunakan adalah multimeter. Dinamakan multimeter karena kemampuannya untuk mengukur berbagai variabel besaran listrik seperti: tegangan, arus, resistansi, dan berbagai besaran lain. Di tangan seorang teknisi yang terlatih, multimeter bisa menjadi suatu alat yang efisien dan alat yang aman. Di tangan seorang yang ceroboh, multimeter bisa menjadi sumber bahaya saat dihubungkan ke rangkaian yang sedang aktif.

Ada berbagai macam multimeter yang dijual di pasaran, model yang dibuat pabrik memungkinkan tiap multimeter memiliki keistimewaan tertentu. Multimeter yang ditunjukkan gambar di bawah ini adalah disain yang umum, bukan produk merk tertentu, tetapi bentuk yang paling umum sesuai prinsip penggunaan dasarnya.

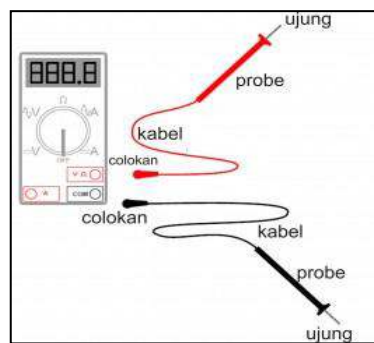


Gambar 1.62. Multimeter

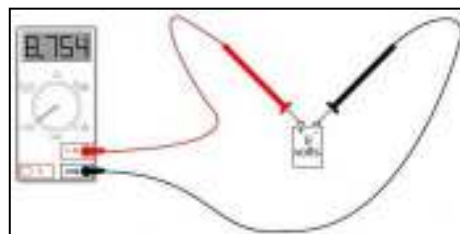
Multimeter yang anda lihat adalah yang jenis "digital" karena tampilan angkanya menunjukkan angka numeris seperti pada jam digital. Tombol selektor yang dapat diputar-putar (pada gambar berada dalam posisi off) memiliki lima macam posisi pengukuran yang berbeda-beda dan dapat diset pada dua pilihan "V", dua pilihan "A", dan satu tombol yang dilambangkan Ω adalah untuk mengukur resistansi.

Dari dua pilihan “V” dan dua pilihan “A”, anda akan melihat masing-masing pasangan dibagi menjadi dua pasang yaitu huruf “V” yang bertanda garis bentuk gelombang naik turun, dan yang satunya huruf “V” yang bertanda sepasang garis sambung-putus. Begitu pula untuk huruf “A”, memiliki bentuk yang sama dengan “V”. Untuk simbol gelombang naik-turun, berarti ini digunakan untuk pengukuran listrik AC (alternating current) dan yang sepasang garis sambung-putus digunakan untuk mengukur listrik DC (direct current).

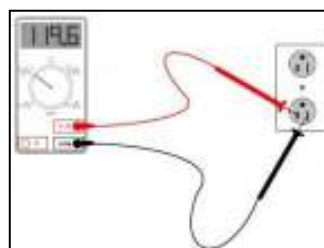
Ada tiga soket berbeda pada tampilan depan multimeter dimana kita dapat mencolokkan kabel tes kita ke dalamnya. Kabel tes adalah kabel biasa yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian yang diukur dengan multimeter. Kabel ini merupakan kawat yang dibungkus dengan kode warna (merah dan hitam) insulator yang fleksibel untuk mencegah tangan kita menyentuh konduktor secara langsung, dan ujung dari masing-masing probe berbentuk lancip, terbentuk dari kawat yang kaku:



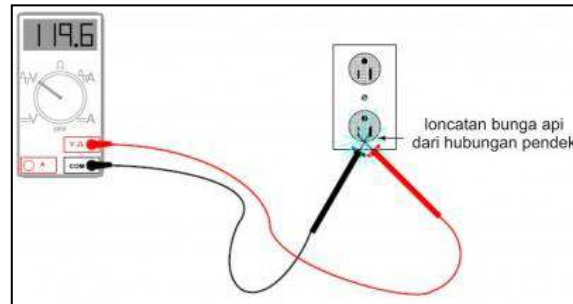
Kabel tes warna hitam selalu dicolokkan ke dalam soket warna hitam pada multimeter: biasanya ditulis dengan nama “COM” singkatan dari “common”. Kabel tes yang warna merah dicolokkan pada soket yang bertulisan voltage atau resistance, atau kabel warna merah dicolokkan pada arus, tergantung besaran listrik apa yang ingin kita ukur. Untuk melihat bagaimana multimeter bekerja, mari kita lihat pada contoh yang menunjukkan penggunaan dari multimeter. Pertama, kita akan mengeset meteran untuk mengukur tegangan DC dari baterai:



Perhatikan bahwa dua kabel tes dicolokkan pada soket yang sesuai, yaitu pengukuran tegangan (voltage), dan posisi tombol selektor telah diset menjadi DC “V”. Sekarang, kita akan melihat contoh penggunaan multimeter untuk mengukur tegangan AC dari stop kontak pada peralatan listrik di rumah (soket pada tembok):



Perbedaannya hanya pada posisi tombol selektor: sekarang tombol selektor diarahkan menjadi AC “V”. Karena kita juga mengukur tegangan, kedua kabel tes diicolokkan pada soket yang sama pada multimeter (sama seperti saat mengukur tegangan DC). Dari kedua contoh ini, anda tidak boleh saling menempelkan kedua probe (merah dan hitam) saat melakukan pengukuran tegangan pada dua titik dalam rangkaian yang aktif. Karena apabila hal ini anda lakukan, maka akan terjadi hubung singkat (short circuit), bahkan akan terjadi loncatan bunga api. Gambar berikut ini mengilustrasikan potensi bahayanya:



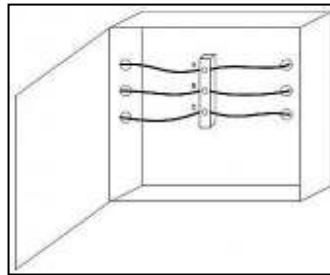
Ini hanyalah salah satu bahaya yang ditimbulkan multimeter apabila digunakan secara tidak benar. Pengukuran tegangan merupakan salah satu tujuan penggunaan multimeter, pengukuran ini harus dilakukan secara aman, dan ini harus dipahami oleh pengguna multimeter. Tegangan selalu relatif terhadap dua titik, meteran harus terpasang secara pasti pada dua titik dalam suatu rangkaian agar menghasilkan pembacaan yang benar. Ini berarti kedua probe harus dipegang oleh tangan pengguna dan diletakkan pada titik yang tepat dalam rangkaian saat melakukan pengukuran.

Karena aliran listrik tangan ke tangan adalah yang paling berbahaya, memegang kedua probe meteran pada dua titik yang bertegangan tinggi selalu ada potensi bahayanya. Bila pembungkus pelindung dari probe terlepas atau terkelupas, kemungkinan terjadi kontak langsung antara jari pengguna multimeter dengan konduktor, bisa menyebabkan sengatan listrik. Bila memungkinkan, gunakan hanya satu tangan saat melakukan pengukuran, ini adalah opsi yang lebih aman. Terkadang, memungkinkan bagi kita untuk menempelkan suatu probe pada rangkaian sehingga probe tersebut tidak perlu dipegang dan kita memegang probe yang lainnya dengan satu tangan. Aksesoris penjepit probe disertakan pada saat anda membeli multimeter. Ingat bahwa kabel tes meteran adalah bagian dari paket peralatan multimeter, dan kabel ini harus benar-benar diperhatikan. Bila anda membutuhkan aksesoris khusus untuk kabel tes, seperti penjepit probe, periksa katalog produk dari pabrik multimeter itu. Jangan mencoba membuat kreasi sendiri saat menguji probe, karena bisa membahayakan diri sendiri saat digunakan untuk mengukur rangkaian yang aktif.

Selain itu, yang perlu diingat adalah multimeter digital biasanya melakukan tindakan yang bagus yaitu dapat membedakan antara pengukuran AC atau DC. Seperti dijelaskan sebelumnya, baik itu tegangan DC ataupun AC bisa mematikan. Untuk keselamatan, periksa terlebih dahulu keberadaan AC dan DC. untuk melakukan pemeriksaan terhadap keberadaan tegangan berbahaya, anda harus mengukur semua pasangan titik-titik yang tidak diketahui itu. Sebagai contoh, misal anda membuka kabinet pengkabelan listrik untuk mencari tiga konduktor yang menyuplai daya AC kepada beban. Circuit breaker pada rangkaian ini dalam kondisi terputus. Cek keberadaan daya listrik pada rangkaian itu dengan menekan tombol start pada beban.

Ternyata memang tidak terjadi apa-apa, selanjutnya anda lakukan pengukuran tegangan menggunakan meteran.

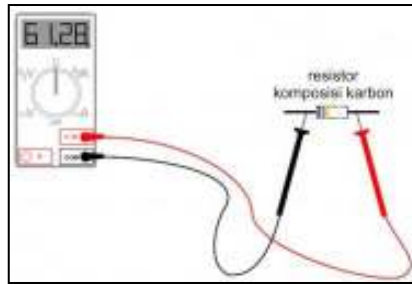
Pertama, anda cek bahwa meteran anda bisa bekerja dengan baik. Caranya dengan mencoba mengukur tegangan AC pada suatu stop kontak. Setelah anda yakin bahwa meteran yang anda gunakan bekerja dengan baik, selanjutnya anda ukur tegangan diantara tiga kabel dalam kabinet ini. Tetapi tegangan diukur diantara dua titik, jadi, dimana anda akan mengukur?



Jawabannya adalah dengan mengukur diantara semua kombinasi ketiga titik tersebut. Seperti yang anda lihat, ketiga titik itu diberi nama “A”, “B”, dan “C” pada gambar ilustrasi di atas. Sehingga anda harus mengeset multimeter anda ke dalam mode voltmeter dan melakukan pengecekan diantara titik A & B, B & C, dan A & C. Bila anda menemukan nilai tegangan dari pengukuran ini, ini berarti rangkaian tersebut tidak berada dalam kondisi Zero Energy. Tetapi ingat bahwa multimeter tidak akan mendeteksi tegangan DC apabila multimeter itu diset menggunakan mode tegangan AC (begitu juga sebaliknya), sehingga anda harus mengukur lagi pasangan ketiga titik itu masing-masing diukur dalam mode pengukuran tegangan DC, sehingga total ada enam kali pengukuran (3 pasang pengukuran tegangan AC, dan 3 pasang pengukuran tegangan DC).

Namun, setelah kita selesai mengukur semuanya, kita masih belum menemukan semua kemungkinan. Ingat bahwa bahaya tegangan bisa timbul di antara kawat tunggal dengan ground (pada kasus ini, kotak logam pembungkus kabinet akan menjadi titik referensi ground yang baik) pada suatu sistem tenaga listrik. Jadi, untuk keamanan yang sempurna, kita tidak hanya mengukur titik antara A & B, B & C, dan A & C (dalam mode AC dan DC), tetapi anda juga harus mengukur tegangan antara titik A & ground, B & ground, serta C & ground (baik itu dalam mode DC dan AC) Ini berarti terdapat total dua belas kali pengukuran untuk pengecekan secara keseluruhan dari skenario pengukuran tiga kawat. Setelah anda selesai melakukan pengukuran, anda harus melakukan tes ulang multimeter anda dengan mencoba pengukuran pada suatu stop kontak untuk memastikan bahwa multimeter masih dapat bekerja dengan baik.

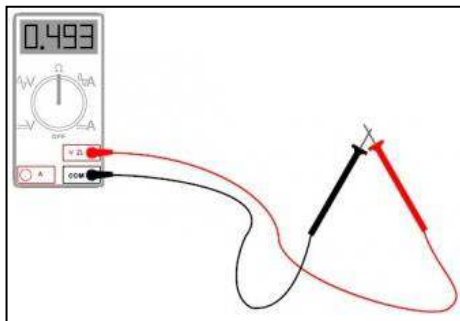
Menggunakan multimeter untuk mengukur resistansi adalah pekerjaan yang lebih mudah. Kabel-kabel tes tetap dihubungkan pada soket yang sama seperti saat mengukur tegangan, tetapi tombol selektor harus diarahkan ke simbol resistansi yaitu Ω (omega). Dengan menyentuhkan kedua probe pada suatu komponen yang akan diukur resistansinya, meteran ini akan menampilkan nilai resistansinya dalam ohm:



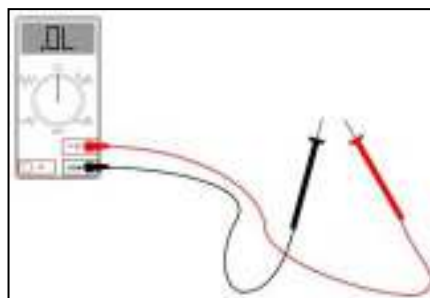
Yang perlu diperhatikan adalah saat mengukur resistansi, pengukuran ini harus dilakukan pada komponen yang tidak berenergi (tidak dialiri listrik). Ketika alat ukur dalam mode pengukuran resistansi, alat ukur ini menggunakan baterai internal untuk menghasilkan arus yang kecil melewati komponen yang akan diukur, dengan merasakan seberapa sulit arus ini melewati komponen itu, maka nilai resistansinya dapat dihitung dan ditampilkan pada display alat ukurnya.

Apabila ada sumber tegangan luar yang terhubung dengan komponen yang sedang kita ukur resistansinya, maka arus yang dihasilkan ohmmeter akan saling menolong atau saling melawan dengan arus yang dihasilkan dari sumber tegangan luar, akibatnya adalah kesalahan pembacaan. Namun dalam kondisi yang paling buruk, multimeter mungkin saja bisa rusak karena tegangan eksternal tadi.

Mode resistansi dari multimeter berguna untuk menentukan kontinuitas dari suatu kawat, atau bisa juga digunakan untuk tes kepresisian dari pengukuran resistansi. Ketika kedua probe ditempelkan diantara konduktor solid yang bagus, maka multimeter akan menunjukkan angka hampir 0Ω . Bila diantara kabel tes tidak ada resistansinya sama sekali, hasil pembacaannya haruslah sama dengan 0Ω tepat.



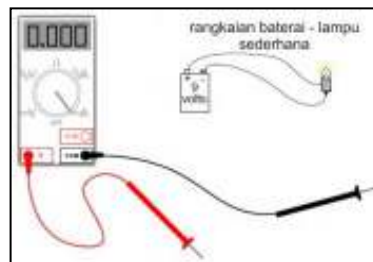
Apabila kabel tes tidak menyentuh satu sama lain. Atau ditempelkan pada suatu konduktor yang rusak, meteran akan menunjukkan resistansi yang sangat besar (biasanya ditampilkan garis putus-putus atau disingkat O.L yang berarti “open loop”):



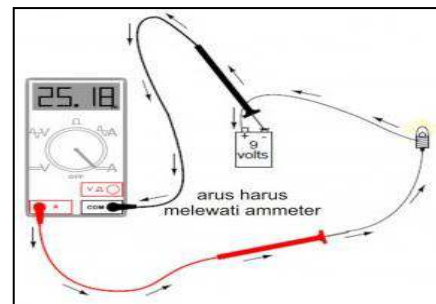
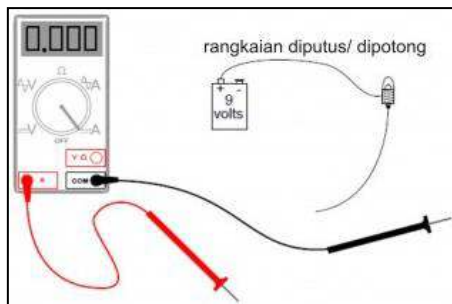
Penggunaan kompleks dan berbahaya dari multimeter adalah saat digunakan untuk mengukur arus. Alasannya sederhana : agar multimeter dapat mengukur arus, arus yang diukur harus masuk melewati multimeter. Ini berarti meteran tersebut harus

menjadi bagian dari jalur yang dilewati arus (tidak seperti saat mengukur tegangan yaitu hanya menempelkan probe di antara dua titik).

Agar meteran tersebut menjadi bagian dari jalurnya arus, kita harus membuka rangkaian yang akan kita ukur arusnya dan menempatkan multimeter ke dalam (sambung seri) rangkaian itu. Untuk mengukur arus, tombol selektor harus diset pada “A” baik itu yang DC atau AC dan kabel tes yang warna merah harus dicolokkan pada soket yang bertanda “A”. Gambar ini akan mengilustrasikan bagaimana suatu meteran mengukur arus pada suatu rangkaian:



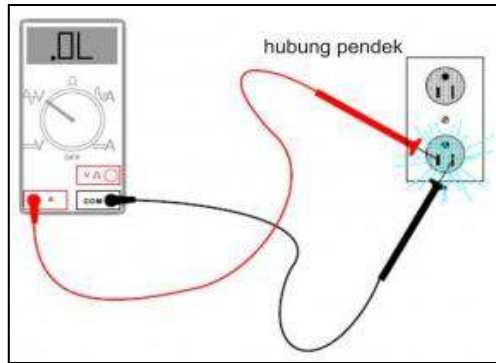
Sekarang, rangkaian tersebut diputus dan multimeter diletakkan di dalamnya:



Contoh pengukuran ini menunjukkan pengukuran rangkaian yang aman. Dengan sumber tegangan yang hanya 9 volt, maka tidak terlalu bahaya. Arus yang diukur nilainya kecil. Namun, dengan rangkaian yang memiliki daya yang lebih besar, ini bisa menjadi sangat berbahaya. Walaupun nilai tegangannya kecil, arus normal ini sudah cukup menghasilkan kilatan cahaya/ loncatan bunga api sesaat yang berbahaya saat pengukuran dilakukan. Potensi bahaya yang lainnya adalah penggunaan multimeter saat dalam mode pengukuran arus (ammeter) lupa atau dengan ceroboh tidak diganti ke mode voltmeter saat akan melakukan pengukuran tegangan. Alasannya adalah disain mode ammeter berbeda dengan voltmeter.

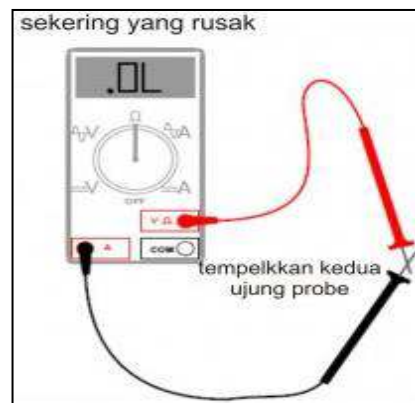
Saat anda melakukan pengukuran arus (dalam mode ammeter) maka nilai resistansi dalam dari ammeter adalah sangat kecil (supaya tidak mempengaruhi/ menghalangi arus elektron yang mengalir pada rangkaian yang akan diukur). Inilah mengapa kita harus menghubungkan kabel tes pada soket yang berbeda saat akan melakukan pengukuran arus, karena soket “A” memiliki resistansi internal yang sangat rendah. Sedangkan soket “V” memiliki resistansi yang sangat besar sekali (idealnya $R_{\text{internal}} = \infty \Omega$).

Ketika anda mengubah switch dari mode pengukuran arus menjadi mode pengukuran tegangan, mungkin dengan mudah mengubah tombol selektor dari posisi “A” menjadi “V”, namun sering kali kita lupa memindah kabel tes warna merah dari soket “A” ke soket “V”. Hasilnya, saat meteran ini dihubungkan ke suatu sumber tegangan, maka akan terjadi short circuit di dalam meteran tersebut.



Untuk menghindari masalah ini, beberapa meteran didisain akan mengeluarkan tanda bunyi apabila anda memilih tombol selektor pada pengukuran tegangan, namun kabel tes warna merah masih menancap di soket “A”. Multimeter yang bagus memiliki sekering (fuse) di dalamnya, yang bisa putus/ meleleh saat kelebihan arus melewati alat ukur tersebut, seperti ilustrasi kondisi pada gambar di atas.

Seperti semua alat pelindung kelebihan arus, sekering ini didisain untuk melindungi peralatan (multimeter) dari kerusakan, dan juga melindungi si pemakai dari bahaya sengatan listrik. Sebuah multimeter dapat dicek sekeringnya masih bekerja atau tidak dengan cara mengubah ke mode pengukuran resistansi dan saling menempelkan kedua probe seperti gambar ini:



Sekering yang bagus akan menunjukkan pembacaan nilai resistansi yang sangat kecil sekali sedangkan sekering yang sudah terbakar akan menunjukkan “O.L” (atau tanda apa saja yang menunjukkan ketidak kontinuan).

Q. Keselamatan Kerja Kelistrikan



Penyebab nomor 3 terbesar kasus meninggal dunia di tempat kerja adalah karena listrik pada saat pekerja melakukan pekerjaannya dan 12% dari semua kasus meninggal dunia terjadi pada pekerja-pekerja yang masih muda. Listrik mengandung potensi bahaya yang dapat mengancam keselamatan tenaga kerja dan orang lain yang berada di dalam lingkungan tempat kerja dan mengancam keamanan bangunan beserta isinya. Untuk menjamin keamanan dan keselamatan maka instalasi listrik harus direncanakan, dipasang, diperiksa dan diuji oleh orang yang berkompeten dan memiliki ijin kerja.

Setiap teknisi listrik yang diserahi tugas dan tanggung jawab dalam pekerjaan pemasangan, pengoperasian, pemeliharaan, pemeriksaan, pengujian, dan perbaikan instalasi listrik harus memenuhi syarat komponen keselamatan dan kesehatan kerja listrik yang dibuktikan dengan sertifikat dan lisensi keselamatan dan kesehatan kerja listrik sesuai dengan Kep Dirjen Pembinaan Hubungan Industrial dan Pengawasan Ketenagakerjaan (PHIPK) No. Kep 331/BW/2002 tentang Sertifikat Kompetensi Keselamatan dan Kesehatan Kerja Teknik Listrik.

Dasar hukum mengenai persyaratan keselamatan listrik tertuang pada Permen Tenaga Kerja No.Per.04/MEN/1988. Prinsip-prinsip keselamatan pemasangan listrik antara lain:

- a. Harus sesuai dengan gambar rencana yang telah disyahkan.
- b. Mengindahkan syarat-syarat yang telah ditetapkan (PUIL).
- c. Harus menggunakan tenaga terlatih.
- d. Bertanggung-jawab dan menjaga keselamatan dan kesehatan tenaga kerjanya.
- e. Orang yang diserahi tanggung-jawab atas pelaksanaan pekerjaan pemasangan instalasi listrik harus ahli di bidang listrik, memahami peraturan listrik dan memiliki sertifikat dari instansi yang berwenang.

Ketentuan Lain Mengenai Persyaratan Keselamatan Kerja Bidang Tenaga Listrik :

- a. Instalasi listrik yang telah selesai dipasang harus diperiksa dan diuji sebelum dialiri listrik oleh pegawai pengawas spesialis listrik.
- b. Instalasi listrik yang telah dialiri listrik, instalatir masih terikat tanggung-jawab satu tahun atas kecelakaan termasuk kebakaran akibat kesalahan pemasangan instalasi.
- c. Harus ada pemeriksaan yang rutin terhadap isolator. Isolator yang retak, terutama untuk tegangan menengah dan/ atau tegangan tinggi yang dapat mengakibatkan gangguan pada perusahaan atau dapat menimbulkan kecelakaan.
- d. Seluruh instalasi listrik, tidak hanya bagian yang mudah terkena gangguan saja, tetapi juga pengaman, pelindung dan perlengkapannya harus terpelihara dengan baik.
- e. Jangan membiarkan instalasi yang aus, penuaan atau mengalami kerusakan. Segera dilakukan penggantian.
- f. Isolator saklar minyak, transformator dan sebagainya pada waktunya harus dibebaskan dari air, debu, arang dan zat asam, antara lain dengan cara penyaringan.
- g. Perlengkapan seperti relai lebih cepat mengalami kerusakan. Oleh sebab itu harus sering dilakukan pengujian terhadapnya.
- h. Dalam melakukan pemeliharaan, dilarang menggunakan perkakas kerja dan bahan magnetic dekat dengan medan magnet perlengkapan listrik.
- i. Pelindung dan pengaman, yang selama pemeliharaan dibuka/ dilepas, harus dipasang kembali pada tempatnya.

- j. Dilarang menyimpan bahan yang mudah terbakar di daerah yang dapat membahayakan instalasi listrik.
- k. Diruang dengan bahaya ledakan tidak diijinkan mengadakan perbaikan dan perluasan instalasi pada keadaan bertegangan; dan dalam keadaan aman, perlengkapan listrik harus terpelihara dengan baik.

BAB II PERALATAN INSTALASI LISTRIK RUMAH TANGGA DAN INDUSTRI

A. Peralatan Listrik

Peralatan instalasi adalah peralatan yang dipasang pada instalasi residensial dan peralatan instalasi listrik mempunyai beberapa macam jenisnya yaitu:

1. Kabel Instalasi

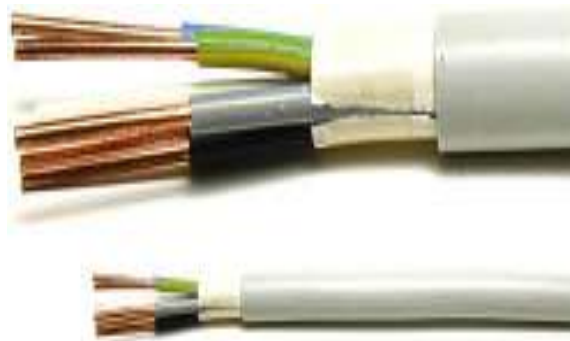
Merupakan komponen utama instalasi listrik dimana akan mengalirkan tenaga listrik yang akan digunakan pada peralatan listrik. Kabel instalasi listrik rumah tangga terdiri dari beberapa jenis yaitu NYM, NYA dan NYMHYO. Kabel mempunyai pengenal masing-masing menggunakan kode pengenal kabel sebagai berikut:

Tabel 2.1. Kode Pengenal Kabel

Huruf Kode	Komponen
N	Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai penghantar
NA	Kabel jenis standar dengan aluminium sebagai penghantar
Y	Isolasi PVC
Re	Penghantar padat bulat
M	Selubung PVC
A	Kawat Berisolasi
Rm	Penghantar bulat berkawat banyak
Se	Penghantar padat bentuk sector
Sm	Penghantar dipilin bentuk sector
-1	Kabel dengan sistem pengenal warna urat dengan hijau-kuning
-0	Kabel dengan sistem pengenal warna urat tanpa hijau-kuning.

a. NYM

Merupakan kabel listrik yang berisolasi PVC dan berintikan kawat lebih dari satu, ada yang 2, 3 atau 4. Jenis kabel udara dengan warna isolasi luar biasanya putih dan warna isolasi bagian dalam beragam, karena isolasi yang rangkap inilah maka kabel listrik NYM ini relatif lebih kuat terhadap gesekan atau gencetan/tekanan.



Gambar 2.1. Kabel NYM

b. NYA

Kabel jenis ini merupakan kabel listrik yang berisolasi PVC dan berintikan/berisi satu kawat. Jenisnya adalah kabel udara atau tidak ditanam dalam tanah. Kabel listrik ini biasanya berwarna merah, hitam, kuning atau biru. Isolasi kawat penghantarnya hanya satu lapis, sehingga tidak cukup kuat terhadap gesekan, gencetan/tekanan atau gigitan binatang seperti tikus. Karena kelemahan pada isolasinya tersebut maka dalam pemasangannya diperlukan pelapis luar dengan menggunakan pipa conduit dari PVC atau besi.



Gambar 2.2. Kabel NYA

c. NYMHYO/NYAF

Kabel jenis ini merupakan kabel serabut dengan dua buah inti yang terdiri dari dua warna. Kabel jenis ini biasa digunakan pada loudspeaker, sound sistem, lampu-lampu berdaya kecil sampai sedang.



Gambar 2.3. NYMHYO/NYAF

2. Saklar

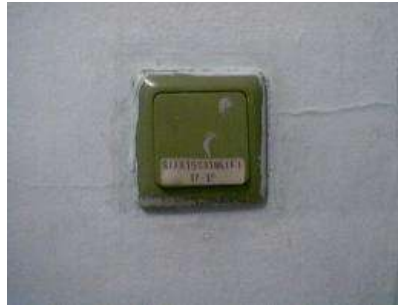
Saklar atau switch merupakan komponen instalasi listrik yang berfungsi untuk menyambung atau memutus aliran listrik pada suatu pemhantar.

a. Berdasarkan besarnya tegangan, saklar dapat dibedakan menjadi:

- 1) Saklar bertegangan rendah.
- 2) Saklar tegangan menengah.
- 3) Saklar tegangan tinggi serta sangat tinggi.

b. Sedangkan berdasarkan tempat dan pemasangannya, sakelar dapat dibedakan menjadi:

- 1) **Sakelar in-bow**, sakelar yang ditanam didalam tembok dapat dilihat pada gambar 2.4.
- 2) **Sakelar out-bow**, sakelar yang dipasang pada permukaan tembok dapat dilihat pada gambar 2.5.



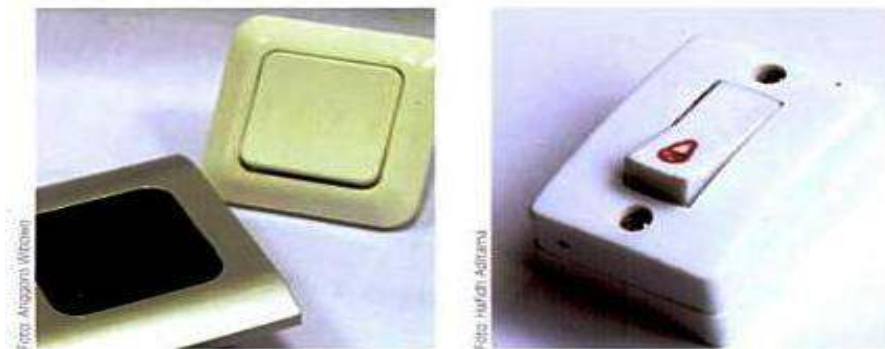
Gambar 2.4. Sakelar In-Bow



Gambar 2.5. Sakelar Out-Bow

c. Jenis sakelar berikutnya dapat dibedakan berdasarkan fungsinya, yaitu:

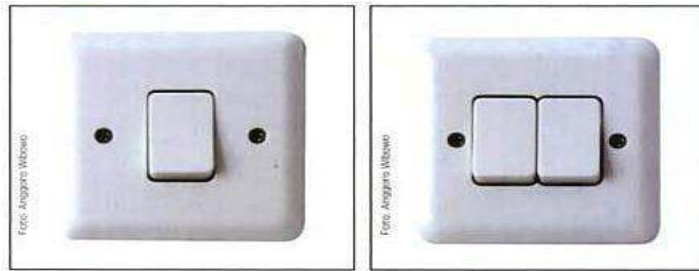
- 1) **Sakelar on-off**, merupakan sakelar yang bekerja menghubungkan arus listrik jika tombolnya ditekan pada posisi on. Untuk memutuskan hubungan arus listrik, tombol sakelar harus ditekan pada posisi off. Sakelar jenis ini biasanya digunakan untuk sakelar lampu.
- 2) **Sakelar push-on**, merupakan sakelar yang menghubungkan arus listrik jika tombolnya ditekan pada posisi on dan akan secara otomatis memutus arus listrik, ketika tombolnya dilepas dan kembali ke posisi off dengan sendirinya. Biasanya sakelar jenis ini digunakan untuk sakelar bel rumah.



Gambar 2.6. Sakelar On-Off dan Push-On

d. Berdasarkan jenis per-unitnya, sakelar dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

- 1) **Sakelar tunggal**, merupakan sakelar yang hanya mempunyai satu buah kanal input yang terhubung dengan sumber listrik, serta kanal output yang terhubung dengan beban listrik/alat listrik yang digunakan.
- 2) **Sakelar majemuk**, merupakan sakelar yang memiliki satu buah kanal input yang terhubung dengan sumber listrik, namun memiliki banyak kanal output yang terhubung dengan beberapa beban/alat listrik yang digunakan. Jumlah kanal output tergantung dari jumlah tombol pada sakelar tersebut.



Gambar 2.7. Sakelar Tunggal dan Majemuk

- e. Cara pemasangan dan tips keamanan pemasangan saklar
 - 1) Tempatkan outlet di dekat peralatan listrik yang akan digunakan.
 - 2) Ketinggian soket pemasangan minimal 30 cm dan maksimal 150 cm dari permukaan lantai.
 - 3) Soket berpenutup dipasang pada ketinggian rendah atau ber ketinggian 30 cm dari lantai. Hal ini untuk menghindari risiko sengatan listrik.
 - 4) Menghindari penggunaan soket pencabang berbentuk "T" karena memiliki resiko tinggi pada sengatan listrik. Gunakan soket model senyawa sebagai socket risiko pencabang lebih kecil.

3. Stop Kontak

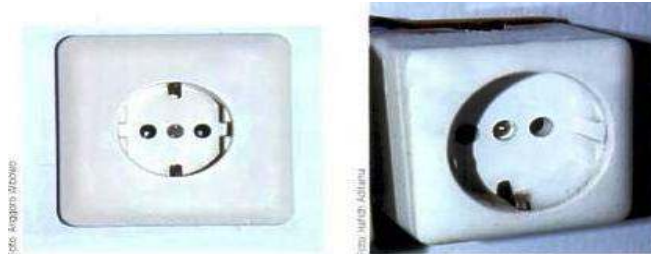
Stop kontak, sebagian mengatakan outlet, merupakan komponen listrik yang berfungsi sebagai muara hubungan antara alat listrik dengan aliran listrik. Agar alat listrik terhubung dengan stop kontak, maka diperlukan kabel dan steker atau colokan yang nantinya akan ditancapkan pada stop kontak.

- a. Berdasarkan bentuk serta fungsinya, stop kontak dibedakan menjadi dua macam, yaitu:
 - 1) **Stop kontak kecil**, merupakan stop kontak dengan dua lubang (kanal) yang berfungsi untuk menyalurkan listrik pada daya rendah ke alat-alat listrik melalui steker yang juga berjenis kecil.
 - 2) **Stop kontak besar**, juga merupakan stop kontak dengan dua kanal AC yang dilengkapi dengan lempeng logam pada sisi atas dan bawah kanal AC yang berfungsi sebagai ground. Sakelar jenis ini biasanya digunakan untuk daya yang lebih besar.



Gambar 2.8. Stop Kontak Kecil dan Besar

- b. Sedangkan berdasarkan tempat pemasangannya. Dikenal dua jenis stop kontak, yaitu:
 - 1) **Stop kontak in bow**, merupakan stop kontak yang dipasang didalam tembok.
 - 2) **Stop kontak out bow**, yang dipasang diluar tembok atau hanya diletakkan dipermukaan tembok pada saat berfungsi sebagai stop kontak portable.



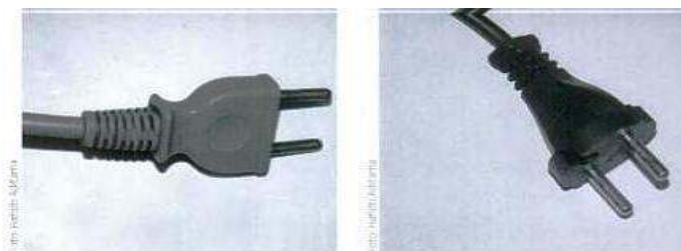
Gambar 2.9. Stop Kontak In-Bow Dan Out-Bow

- c. Cara pemasangan dan tips keamanan pemasangan saklar
- 1) Tempatkan outlet di dekat peralatan listrik yang akan digunakan.
 - 2) Ketinggian soket pemasangan minimal 30 cm dan maksimal 150 cm dari permukaan lantai.
 - 3) Soket berpenutup dipasang pada ketinggian rendah atau ber ketinggian 30 cm dari lantai. Hal ini untuk menghindari risiko sengatan listrik.
 - 4) Menghindari penggunaan soket pencabang berbentuk "T" karena risiko tinggi sengatan listrik. Gunakan soket model senyawa sebagai socket risiko pencabang lebih kecil.
 - 5) Lindungi beralih dari percikan kaleng air Karena itu menyebabkan arus pendek. Untuk beralih di kamar mandi Harus diletakkan di dinding luar kamar mandi di dekat pintu masuk. Jangan menempatkan switch di kamar mandi.
 - 6) Jika saklar terpaksa ditempatkan pada dinding luar di luar rumah maka anda harus melindungi beralih berada dalam kotak bersegel untuk Hindari hujan.
 - 7) Tempat tombol lampu pada posisi dekat pintu masuk ruang sehingga lebih mudah untuk menemukan saklar saat kondisi ruangan itu masih gelap. letakkan switch ideal adalah 30 cm di pintu samping dan 150 cm dari permukaan lantai.
 - 8) Jangan menempatkan saklar bagian dalam pintu karena akan sulit untuk menemukan dan rentan terhadap membenturkan pintu.

4. Steker

Steker atau Staker atau yang kadang sering disebut colokan listrik, karena memang berupa dua buah colokan berbahan logam dan merupakan alat listrik yang berfungsi untuk menghubungkan alat listrik dengan aliran listrik, ditancapkan pada kanal stop kontak sehingga alat listrik tersebut dapat digunakan.

- a. Berdasarkan fungsi dan bentuknya, steker juga memiliki dua jenis, yaitu:
- 1) **Steker kecil**, digunakan untuk menyambung alat-alat listrik berdaya rendah, misalnya lampu atau radio kecil, dengan sumber listrik atau stop kontak.
 - 2) **Steker besar**, digunakan untuk alat-alat listrik yang berdaya besar, misalnya lemari es, microwave, mesin cuci dll, dengan sumber listrik atau stop kontak. Yang dilengkapi lempeng logam untuk kanal ground sebagai pengaman.



Gambar 2.10. Steker Kecil dan Besar

b. Cara dan tips menggunakan steker

- 1) Ketika akan melepaskan steker dari stop kontak, tarik steker tubuh. Hindari cabut kabel busi dapat menyebabkan steker kabel dari steker sehingga dapat menyebabkan arus pendek.
- 2) Pastikan steker yakin adalah kapasitas selalu lebih besar daripada arus listrik dipasok untuk steker mereka. steker ini bekerja di luar kapasitas bisa meleleh. Untuk itu, hati-hati steker kapasitas yang biasanya tercantum pada akhir tubuh plug.

B. Alat Pengukur

Sebuah instalasi residensial terdapat alat pengaman dan alat pengukur yang berfungsi sebagai alat proteksi gangguan dan mengukur jumlah nominal dalam (kWH) yang digunakan oleh konsumen instalasi residensial.

1. **Bargainser**, bargainser merupakan alat yang berfungsi sebagai pembatas daya listrik yang masuk ke rumah tinggal, sekaligus juga berfungsi sebagai pengukur jumlah daya listrik yang digunakan rumah tinggal tersebut (dalam satuan kWh). Ada berbagai batasan daya yang dikeluarkan oleh PLN untuk konsumsi rumah tinggal, yaitu 220 VA, 450 VA, 900 VA, 1.300 VA, dan 2.200 VA.



Gambar 2.11. Bargainser

Pada bargainser terdapat tiga bagian utama, yaitu:

a. MCB atau Miniature Circuit Breaker

Keamanan Listrik Termis (biasa disebut MCB) adalah perangkat keselamatan listrik yang bekerja dengan sistem istilah/ panas. Ketika melewati arus listrik melalui sistem termal melebihi ukuran tertentu maka tenaga mesin akan memutuskan dan tuas ada di keamanan akan berubah arah atau untuk memutuskan aliran daya listrik secara otomatis jika daya yang dihantarkan melebihi nilai batasannya. MCB ini bersifat on/off dan dapat juga berfungsi sebagai sakelar utama dalam rumah. Jika MCB bargainser ini dalam kondisi off, maka seluruh aliran listrik dalam rumah pun terhenti. Sakelar ini biasanya dimatikan pada saat akan dilakukan perbaikan instalasi listrik di rumah.



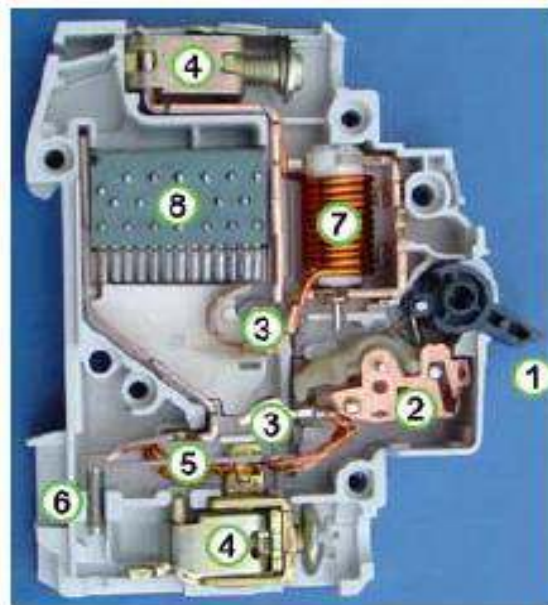
Gambar 2.12. MCB

MCB pada gambar 2.12. digunakan sebagai pembatas arus yang akan dipakai oleh pelanggan listrik. MCB mempunyai banyak spesifikasi kemampuan pembatas arus yang sering dijumpai pada instalasi residensial 2A, 4A dan 6A. Memasuki perkembangan teknologi MCB digunakan sebagai pembagi kelompok beban, seperti kelompok penerangan, kelompok AC dan pengelompokan antara lantai satu dengan lantai dua jika rumah tersebut tingkat.



Gambar 2.13. MCB Pembagi

Adapun konstruksi di dalam MCB dapat dilihat seperti gambar 2.14. berikut:



Gambar 2.14. Konstruksi MCB

Keterangan:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. Tuas Operasi Strip | 5. Bimetal |
| 2. Aktuator Mekanis | 6. Sekrup kalibrasi |
| 3. Kontak Bergerak | 7. Kumpanan magnetis |
| 4. Terminal Bawah | 8. Ruang busur api |

Berdasarkan waktu pemutusannya, pengaman-pengaman otomatis dapat terbagi atas Otomat-L, Otoma-H, dan Otomat-G.

1) Otomat-L (Untuk Hantaran)

Pada Otomat jenis ini pengaman termisnya disesuaikan dengan meningkatnya suhu hantaran. Apabila terjadi beban lebih dan suhu hantarannya melebihi suatu nilai tertentu, elemen dwi logamnya akan memutuskan arusnya. Kalau terjadi hubung singkat, arusnya diputuskan oleh pengaman elektromagnetiknya. Untuk arus bolak-balik yang sama dengan 4 In-6 In dan arus searah yang sama dengan 8 In pemutusan arusnya berlangsung dalam waktu 0.2 sekon.

2) Otomat-H (Untuk Instalasi Rumah)

Secara termis jenis ini sama dengan Otomat-L. Tetapi pengaman elektromagnetiknya memutuskan dalam waktu 0,2 sekon, jika arusnya sama dengan 2,5 In-3 In untuk arus bolak-balik atau sama dengan 4 In untuk arus searah. Jenis Otomat ini digunakan untuk instalasi rumah. Pada instalasi rumah, arus gangguan yang rendah pun harus diputuskan dengan cepat. Jadi kalau terjadi gangguan tanah, bagian-bagian yang terbuat dari logam tidak akan lama bertegangan.

3) Otomat-G

Jenis Otomat ini digunakan untuk mengamankan motor-motor listrik kecil untuk arus bolak-balik atau arus searah, alat-alat listrik dan juga rangkaian akhir besar untuk penerangan, misalnya penerangan pabrik. Pengaman elektromagnetiknya berfungsi pada 8 In-11 In untuk arus bolak-balik atau pada 14 In untuk arus searah. Kontak-kontak sakelarnya dan ruang pemadam busur apinya memiliki konstruksi khusus. Karena itu jenis Otomat ini dapat memutuskan arus hubung singkat yang besar, yaitu hingga 1500 A.

b. Meter listrik atau kWh meter

Alat ini berfungsi untuk mengukur besaran daya yang digunakan oleh rumah tinggal tersebut dalam satuan kWh (kilowatt hour). Pada bargainser, meter listrik berwujud deretan angka secara analog ataupun digital yang akan berubah sesuai penggunaan daya listrik.

c. Spin Control

Merupakan alat kontrol penggunaan daya dalam rumah tinggal dan akan selalu berputar selama ada daya listrik yang digunakan. Perputaran spin control ini akan semakin cepat jika daya listrik yang digunakan semakin besar, dan akan melambat jika daya listrik yang digunakan berkurang/sedikit. Pada kanal output bargainser biasanya terdapat 3 kabel, yaitu kabel fasa, kabel netral dan kabel ground yang dihubungkan ketanah. Listrik dari PLN harus dihubungkan dengan bargainser terlebih dahulu sebelum masuk ke instalasi listrik rumah tinggal.

2. Pengaman Listrik

Instalasi listrik rumah tinggal pun membutuhkan pengaman yang berfungsi untuk memutuskan rangkaian listrik apabila terjadi gangguan pada instalasi listrik rumah tinggal tersebut, seperti gangguan hubung singkat atau short circuit atau korsleting. Terdapat dua jenis pengaman listrik pada instalasi listrik rumah tinggal, yaitu:

a. Pengaman lebur atau sekering

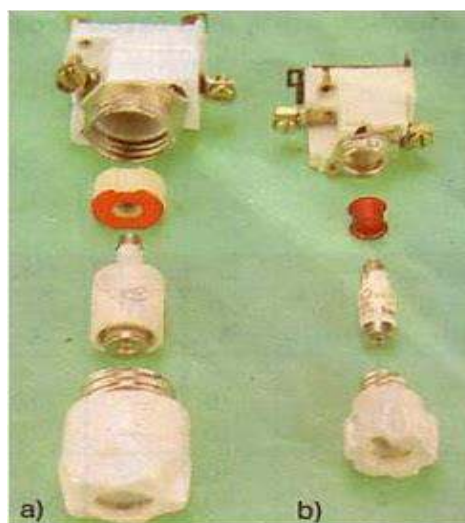
Alat pengaman ini bekerja memutuskan rangkaian listrik dengan cara meleburkan kawat yang ditempatkan pada suatu tabung apabila kawat tersebut dialiri arus listrik dengan ukuran tertentu. Tujuannya adalah keselamatan dipasang pada instalasi listrik sebagai pemutus arus listrik dengan arus listrik yang terjadi ketika hubung singkat rangkaian/hubung singkat/arus pendek. Ada dua jenis keselamatan listrik, sekering keamanan dan keselamatan termis. Tetapi listrik pada topik ini diskusikan adalah Melting Safety (biasanya disebut sekering) adalah perangkat keselamatan listrik yang sifat pekerjaannya meleleh kawat ditempatkan dalam tabung ketika kawat disahkan oleh arus listrik dengan ukuran tertentu, biasanya 2A (ampere), 4A, 6A, dan sebagainya. Jenis ini jarang digunakan karena mulai menormalkan keselamatan listrik harus penggantian dengan peralatan keamanan baru.



Gambar 2.15. Sekering

Pengaman lebur mempunyai batas arus yang dengan kode warna seperti pada gambar di atas. Berdasarkan bentuk fisiknya, sekering tegangan rendah terdiri atas:

- 1) **Tipe Ulir**, sekering jenis ini merupakan sekering dengan kapasitas pemutusan rendah yang terdiri atas 2 model yaitu:
 - a) **Tipe D (diazed)** memiliki bentuk fisik seperti gallon air mineral berdimensi kecil yang terbuat dari bahan keramik. Bagian dasar dan atas sekering terbuat dari bahan logam yang berfungsi sebagai penyalur arus. Dalam penggunaannya, sekering diazed selalu dilengkapi komponen lainnya seperti rumah sekering (fuse holder), adaptor dan tutupnya (fuse cap).
 - b) **Tipe DO (neozed)** memiliki bentuk fisik seperti Tipe D dengan bentuk yang menyerupai botol susu berukuran mini. Gawai tersebut dapat mengamankan gangguan arus hubung singkat dan beban lebih pada kabel atau jaringan.



Gambar 2.16. Sekering Tipe Ulir

Untuk melihat tabel klasifikasinya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2.2. Klasifikasi Warna Pengaman Lebur Type Ulir

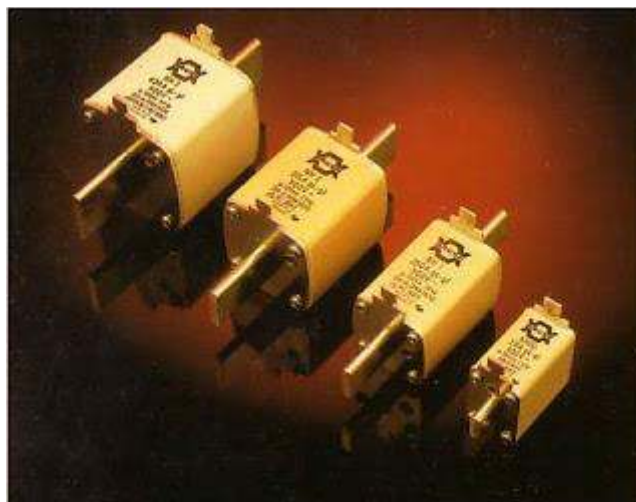
Ukuran sekering Diazed	Arus kerja (A)	Tanda warna	Ukuran sekering Neozed
D II	2	Merah muda	D01
	4	Coklat	
	6	Hijau	
	10	Merah	
	16	Abu-abu	
	20	Biru	
	25	Kuning	
D III	35	Hitam	D02
	50	Putih	
	63	Tembaga	
D IV	80	Perak	D03
	100	Emas	

Penggolongan sekering diazed dan neozed berdasarkan faktor peleburan dan penggunaannya adalah:

- a) Kelas g (faktor peleburan kecil)
- b) Kelas a (faktor peleburan besar)

Sedangkan penggolongan menurut IEC.

- a) Kelas gl = Untuk perlindungan arus kerja kurang dari 100 A
 - b) Kelas gl= Untuk perlindungan arus kerja 100 A atau lebih
- 2) **Tipe pisau**, sekering jenis ini merupakan sekering dengan kapasitas pemutusan tinggi. Memiliki bentuk kotak atau bulat berbahan keramik dengan pisau kotak pada kedua ujungnya.



Gambar 2.17. Sekering Tipe Pisau

- 3) **Tipe tabung**, sekering tabung merupakan pengaman lebur dengan kapasitas pemutusan yang variatif mulai yang tinggi sampai yang rendah.



Gambar 2.18. Sekering Tipe Tabung

b. Pengaman listrik thermis, biasa disebut MCB

Merupakan alat pengaman yang akan memutuskan rangkaian listrik berdasarkan panas. Pada keadaan ini MCB berfungsi menggantikan fungsi dari box sekering.

C. Peralatan Instalasi Listrik Industri

1. Box Panel

Panel Distribusi, mempunyai dua jenis panel yaitu panel Main Distribution Panel (MDP) dan Sub Distribution Panel (SDP). Panel distribusi digunakan pada setiap perusahaan karena fungsi dari panel ini sendiri adalah mendistribusikan sumber tegangan dari jaringan ke industri dan membagi sumber menjadi beberapa kelompok beban. Di dalam panel distribusi terdapat beberapa komponen yaitu kontaktor magnet, NFB, MCB, TOLR, rel omega, busbar terminal dan komponen listrik lain yang dibutuhkan oleh industri.

- a. Main Distribusi Panel, Panel ini adalah panel yang pertama dilalui sumber tenaga sebelum masuk ke industri.



Gambar 2.19. Main Distribusi Panel

b. Sub Distribusi Panel

Panel ini berfungsi untuk mendistribusikan sumber tenaga ke panel pengontrol.



Gambar 2.20. Sub Distribusi Panel

2. Cubikel

Kubikel yaitu sistem switchgear untuk tegangan menengah (20 kV) yang berasal dari output trafo daya, yang selanjutnya diteruskan ke konsumen melalui penyulang (feeder) yang tersambung (terhubung) dengan cubicle tersebut. Dari penyulang (feeder) inilah listrik disalurkan (didistribusikan) ke pusat-pusat beban. Komponen dan rangkaian cubicle, antara lain :

- a. Panel penghubung (couple).
- b. Incoming cubicle.
- c. Circuit breaker (CB) dan Current Transformer (CT).
- d. Komponen Proteksi dan pengukuran.
- e. Bus sections.
- f. Feeder atau penyulang.

Cubicle 20 kV atau switchgear 20 kV ini berisi peralatan-peralatan sebagai berikut:

- a. **Busbar**, digunakan untuk menyalurkan dan membagikan tenaga listrik ke peralatan-peralatan lain di dalam suatu cubicle seperti gambar di bawah ini.
- b. **Circuit Breaker (CB)**, adalah suatu peralatan listrik yang digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan arus listrik sesuai dengan ratingnya. Circuit breaker ini dapat dioperasikan secara otomatis maupun manual dengan waktu pemutus atau penyambungan yang tetap sama, sebab factor ini ditentukan oleh struktur mekanisme yang menggunakan pegas.
- c. **Load Breaker Switch (LBS)**,) adalah alat untuk memutus atau menghubungkan rangkaian pada sistem tenaga listrik dalam kondisi berbeban dan tidak berbeban. Pemutus ini tidak dapat digunakan untuk memutus arus gangguan. Pemutus ini biasanya digunakan pada jaringan tegangan menengah. Pada LBS terdapat dua kontak yaitu kontak utama dan kontak Bantu. Kedua kontak ini bekerja bergantian yaitu pada saat masuk kontak Bantu masuk terlebih dulu kemudian kontak utama dan pada saat keluar kontak utama keluar terlebih dulu baru kontak Bantu. Load break switch pada incoming:

- | | |
|-----------------|------------------------|
| • IEC 298 | • In = 400 A – 50/60Hz |
| • Un = 24 kV | • Uw = 125 kV |
| • Ith = 14,5 kA | • Ima = 36,5 KA |

d. Disconnecting Switch (DS), adalah suatu peralatan yang merupakan pasangan dari Circuit Breaker. Fungsi disconnecting switch adalah memisahkan tegangan suatu bagian dari sumbernya pada keadaan tidak berbeban. Hubungan rangkaian circuit breaker dan disconnecting switch adalah menempatkan circuit breaker diantara dua disconnecting switch. Hubungan antara circuit breaker dengan disconnecting switch adalah interlock dengan tujuan tidak salah pengoperasian dari dua peralatan tersebut seperti gambar di bawah ini. Saklar pemutus beban pada Incoming, Metering, dan Outgoing di kubikel 20 kV.

- Un = 24 kV
- Ith = 14,5 kA
- In = 400A- 50/60 Hz
- IMC
- Uw = 125 kV
- Ima = 36,5 kA
- IEC = 298

e. Earthing Switch (ES), Saklar pentanahan menghubungkan saluran transmisi dengan bumi. Dalam keadaan normal saklar pentanahan pada posisi terbuka dan bila saluran transmisi mengalami gangguan hubung singkat maka saklar pentanahan akan ditutup dengan tujuan membebaskan tegangan pada saluran transmisi. Saklar pentanahan ini juga digunakan jika terjadi pemeliharaan terhadap peralatan lain dan menghilangkan tegangan akibat kapasitansi.

f. Current Transformer (CT), adalah suatu peralatan transformator yang diletakkan dalam rangkaian tenaga listrik yang berguna sebagai peralatan ukur yang dihubungkan dengan relay pengaman. Dengan transformator arus dapat diperluas batas pengukuran suatu alat ukur.

Tabel 2.3. Current Transformer

CT				
Transformator de current stromwandler		N.9506449		
ARN2/N2F		24/50/125 Kv	50Hz	
It 12,5 kA 0,8s		Id 25 – 12,5 kA		
Rapport ubersetzung A/A	Borner klemmen	VA	Class es	Fs/F1
50/5	1s1- 1s2	7,5	0,5	10
50/5	2s1- 2s2	10	5p	10
MG 3731090				
Normes normen NFC 42502 IEC 185				Ext 120%

g. Potensial Transformer (PT), berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi atau tegangan menengah menjadi tegangan rendah untuk besaran ukur sesuai dengan alat-alat pengukuran.

h. Piranti ukur (Voltmeter, Amperemeter, kWh meter), Amperemeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui besarnya aliran arus yang dipakai oleh beban. Voltmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengetahui besarnya potensial atau tegangan antara dua titik. kWh meter adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengintegrasikan dan mengatur arus, daya aktif, yang diberikan kepada suatu beban dalam waktu tertentu.

i. Relay Proteksi

1) Relay arus lebih (OCR)

Relay ini berfungsi untuk memproteksi SUTM/SKTM terhadap arus lebih yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat antar fasa.

2) Relay Gangguan Tanah (Ground Fault Relay)

Relay ini berfungsi untuk mengamankan SUTM / SKTM dari gangguan tanah.

3) Relay arus lebih waktu tertentu (Definite Time Over Current Relay)

Sifat atau karakteristik dari relay definite time ini adalah relay baru akan bekerja bila arus yang mengalir pada relay tersebut melebihi besarnya arus setting (I_s) yang telah ditentukan.

j. Interlocking Control, Cubicle 20 kV ini banyak digunakan pada:

- 1) Gardu distribusi 20 kV pada jaringan distribusi 20 kV di PLN atau di industri berskala besar yang memiliki jaringan distribusi sendiri.
- 2) Cubicle gardu distribusi yang banyak terpasang di beberapa tempat antara lain yang berdekatan dengan konsumen, gedung perkantoran, hotel maupun industri menengah.

k. Heatler, adalah alat yang berfungsi untuk menjaga komponen-komponen kubikel dari kelembapan udara, karena kelembapan udara bisa menimbulkan bercak-bercak kotoran sehingga bercak kotoran akan menjadi karatan di peralatan kubikel. Alat ini dioperasikan pada tegangan 220 Volt. Adapun Fungsi Cubicle TM/20 kV yaitu sebagai berikut :

- 1) Tempat operasi switching On-Off bagi jaringan distribusi (radial, loop, spindle).
- 2) Tempat operasi switching On-Off terhadap trafo distribusi.
- 3) Tempat operasi switching On-Off bagi motor-motor TM (dengan tegangan nominal lebih rendah 3,3 s/d 12 kV).

Selain fungsi cubikel juga mempunyai Persyaratan Cubicle 20 kV yaitu :

1) Konstruksi:

- a) Kuat/kokoh
- b) Jarak hantaran terbuka (antar fasa, fasa-body) tergantung dari jenis penyekatnya (udara, minyak, gas)
- c) Sambungan/terminating sesuai dengan SOP

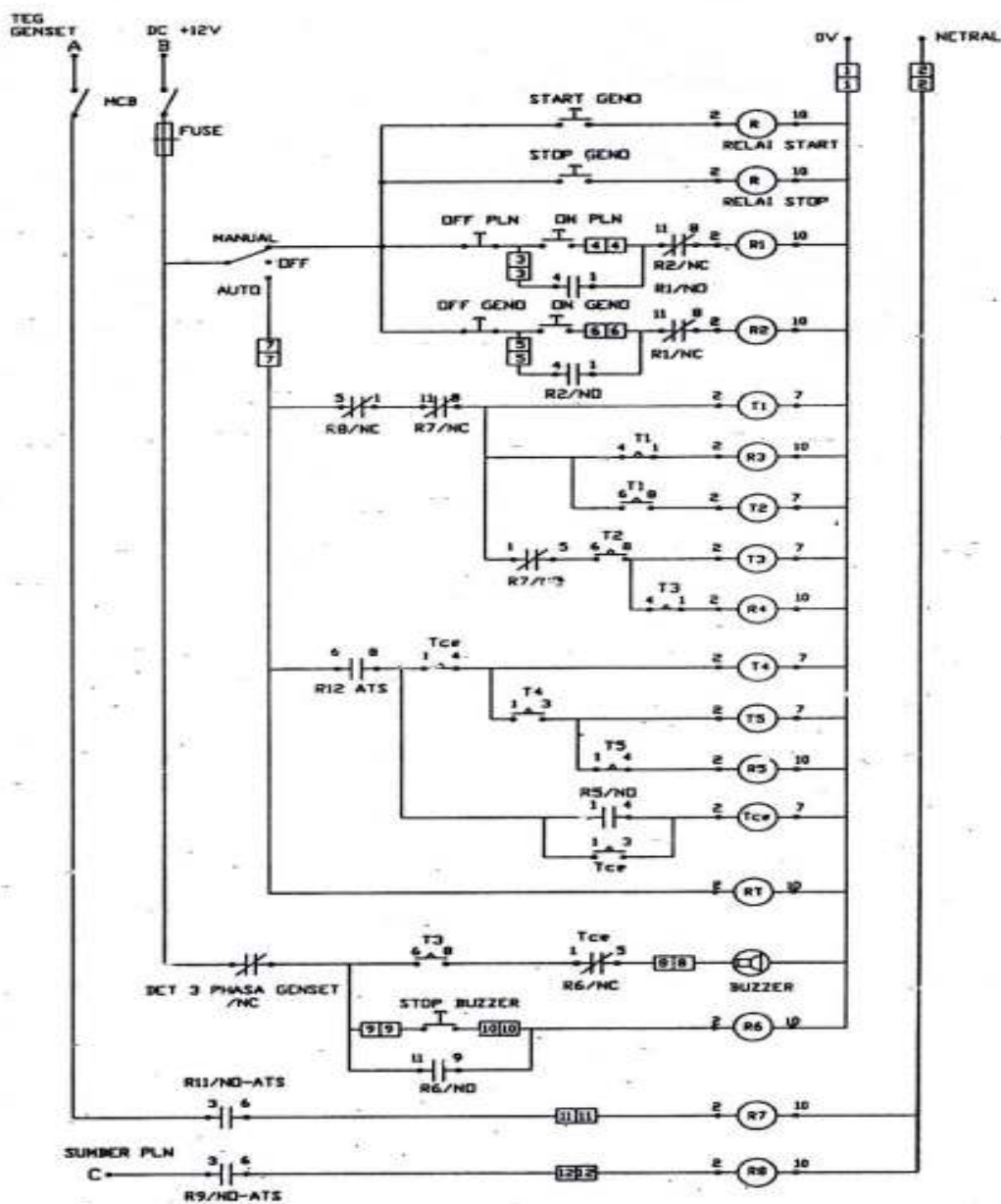
2) Elektrik

- a) Tegangan (tegangan kerja max, tegangan impuls)
- b) Kekuatan tahanan isolasi (TID)
- c) Arus (arus nominal, arus hubung singkat).

3) Operasional

- a) Urutan kerja peralatan switching (DS, LBS, CB, ES).
- b) Relay proteksi dan c) Sistem interlocking

3. **Automatic Main Failure (AMF)**, merupakan suatu sistem emergency tenaga listrik yang digunakan untuk menjamin kelangsungan operasi bangunan saat kehilangan daya normal (PLN) yang bisa jadi menimbulkan kerugian bisnis maupun kenyamanan. AMF terdiri dari kontrol AMF dan Automatic Transfer Switch (ATS). Piranti kontrol AMFnya merupakan rangkaian relay dan time delay relay (TDR)/Timer. Kontrol AMF merupakan unit yang mengendalikan secara otomatis mengatasi gangguan saluran utama sistem penyediaan energi listrik (PLN) dan pembangkit listrik cadangan (generator set), pada sistem kontrol AMF ini menggunakan bahan atau komponen diantaranya : Relay OMRON AC 220 V MK3P-1, relay Omron DC 12 V MKP-1, timer omron DC 12 V H3CR-A8 50 Hz. Pada sistem kontrol AMF ini menggunakan bahan atau komponen di antaranya: Relay OMRON AC 220 V MK3P-1, relay Omron DC 12 V MKP-1, timer omron DC 12 V H3CR-A8 50 Hz. Desain atau perancangan sistem kontrol AMF berbasis rangkaian relai ini terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.21. Rangkaian control AMF

4. Panel Kontrol

Panel ini berfungsi sebagai tempat dimana didalamnya berisikan berbagai macam komponen listrik yang digunakan untuk mengontrol kerja dari suatu beban. Komponen-komponen tersebut berupa:

- a. **Lampu Indikator**, Lampu ini berfungsi mengindikasikan sumber tegangan, apabila lampu tersebut menyala maka terdapat sumber tegangan pada inputannya.
- b. **Emergency**, Tombol ini berfungsi sama dengan saklar pada umumnya namun saklar jenis ini mempunyai kegunaan khusus yaitu memutuskan rangkaian seketika apabila terjadi gangguan pada beban.



Gambar 2.22. Emergency Push Button

- c. **Push Button**. Tombol ini berfungsi sebagai penghubung dan penutup rangkaian yang cara kerjanya dengan ditekan, tombol ini akan bekerja selama masih ditekan dan akan kembali keposisi awal jika dilepas tekanannya. Tombol ini sering digunakan sebagai tombol start dan sbagai tombol stop pada panel control.



Gambar 2.23. Push Button

- d. **Man-Auto Switch**. Saklar jenis ini hampir sama dengan saklar SPDT yang berfungsi sebagai penentu rangkaian yang akan bekerja secara otomatis atau manual.



Gambar 2.24. Man – Auto Switch

- e. **MCB.** MCB ini digunakan sebagai pembatas arus sekaligus pengaman beban lebih dan hubung singkat. Pada panel control digunakan dua jenis MCB yaitu MCB satu fasa dan MCB tiga fasa.

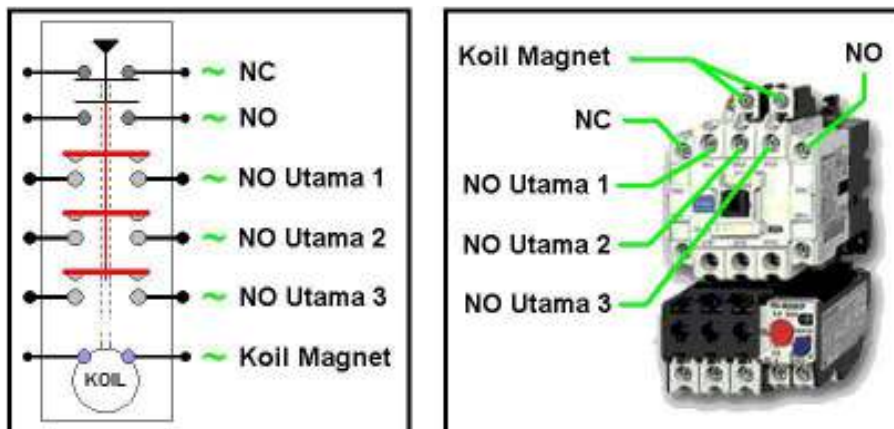


Gambar 2.25. MCB 1 Fasa



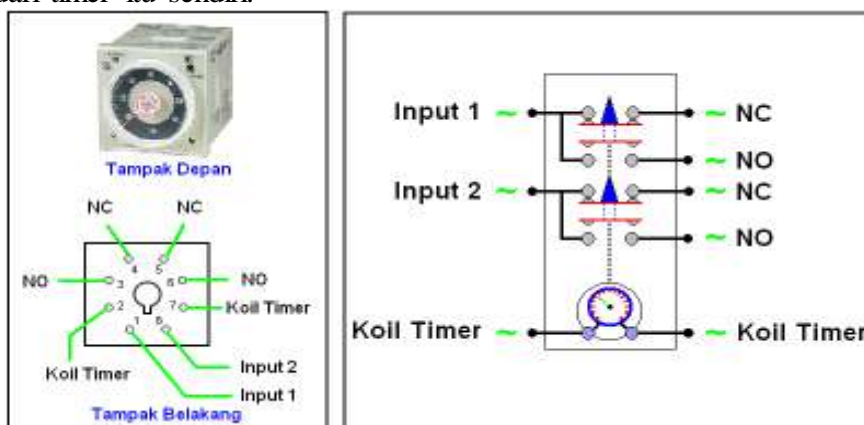
Gambar 2.26. MCB 3 Fasa

- f. **Kontaktor magnet,** adalah alat pengganti saklar atau saklar yang bekerja berdasarkan kemagnetan. Pada panel control kontaktor digunakan untuk menyambung atau menghubungkan sumber dengan beban.



Gambar 2.27. Kontaktor Magnet

- g. **Timer,** adalah alat yang konstruksinya sama dengan kontaktor namun, pada timer ini mempunyai kelebihan yaitu tunda waktu. Tunda waktu ini berfungsi untuk menunda kerja dari timer itu sendiri.



Gambar 2.28. Timer

- h. **Over load**, Alat ini berfungsi sebagai pengaman dari arus lebih yang bekerja berdasarkan panas. Over load menggunakan bimetal sebagai sensornya.



Gambar 2.29. Over Load

- i. **Current transformer**. Alat ini berfungsi menurunkan arus sumber yang akan di ukur oleh ampere meter dengan perbandingan sisi kumparan primer dan sekunder yang berbeda sesuai kebutuhan.



Gambar 2.30. Current Transformator

- j. **Volt meter**, Alat ini digunakan untuk mengukur besarnya arus pada beban.
k. **Ampere meter**, Alat ini digunakan untuk mengukur tegangan suplay yang masuk kedalam panel.

BAB III PROTEKSI DAN GROUNDING

A. Proteksi

Listrik merupakan hal yang sangat dibutuhkan manusia setiap harinya, baik di sekolah, pabrik, industri, kantor maupun di rumah tinggal yang mempergunakan peralatan listrik. Instalasi listrik merupakan susunan perlengkapan-perengkapan listrik yang saling berhubungan serta memiliki ciri yang terkoordinasi untuk memenuhi satu atau sejumlah tujuan tertentu. Dalam instalasi listrik rumah tinggal tentu memiliki beberapa peraturan dalam pemasangannya. Selain itu juga harus memperhatikan syarat-syarat instalasinya.

Sistem proteksi atau pengaman instalasi rumah tinggal merupakan suatu hal yang sangat penting untuk dipasang. Dengan adanya pengaman pada peralatan instalasi, tentu akan dapat meminimalisir bahaya-bahaya yang diakibatkan oleh kerusakan ataupun konsleting pada instalasi rumah tinggal. Sebagian besar dari kita tentu sudah sangat mengenal peralatan listrik yang terpasang dirumah kita seperti : sakelar, stop kontak, steker, sekering dan lain sebagainya. Namun begitu, untuk lebih membantu memahami sistem proteksi dan cara mengatasi bahayanya, perlu dipahami terkait cara merawat dan pencegahan bahaya yang dapat ditimbulkan dari kerusakan instalasi rumah tinggal kita.

Di dalam PUIL 2000 disebutkan bahwa pada instalasi listrik terdapat 2 jenis bahaya listrik, yaitu :

1. Sentuhan Langsung

Merupakan bahaya yang disebabkan oleh sentuhan pada bagian konduktif yang secara normal bertegangan. Contohnya adalah ketika tangan / bagian tubuh kita menyentuh penghantar yang langsung dialiri arus listrik.

2. Sentuhan Tidak Langsung

Adalah bahaya yang disebabkan oleh sentuhan pada bagian konduktif yang secara normal tidak bertegangan karena diakibatkan oleh kegagalan isolasi. Contohnya adalah apabila terdapat kabel yang mengelupas dan bersinggungan dengan body peralatan listrik, apabila tersentuh tangan maka akan terjadi kejutan listrik.

Untuk mengetahui sejauh mana tubuh manusia sanggup menahan aliran listrik dan akibat – akibat yang ditimbulkan, maka terdapat batasan – batasan yang diperlihatkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1. Batasan – batasan Arus dan Pengaruhnya Terhadap Manusia

Besarnya Arus	Akibat
01 mA – 08 mA	terasa kesemutan, sakit
08 mA – 15 mA	terasa menyengat, sadar
15 mA – 20 mA	terasa mengejut, tak sadar
20 mA – 50 mA	pingsan, sulit bernafas
50 mA – 100 mA	pingsan, mungkin meninggal
lebih dari 100 mA	Terbakar

Art Margolis menyebutkan bahwa kejut listrik yang terjadi dari tangan kanan menuju ke tangan kiri akan melewati jantung dan akan mengakibatkan vebrilasi ventriculasi, sebaliknya kejut listrik yang terjadi dari tangan kiri menuju ke tangan kanan tidak akan melewati jantung dan tidak akan terjadi vebrilasi ventriculasi. Vebrilasi Ventriculasi adalah suatu kondisi terganggunya denyut jantung akibat kejut listrik yang terjadi didalam tubuh manusia selama periode tertentu.

B. Syarat-syarat Insatalasi Listrik

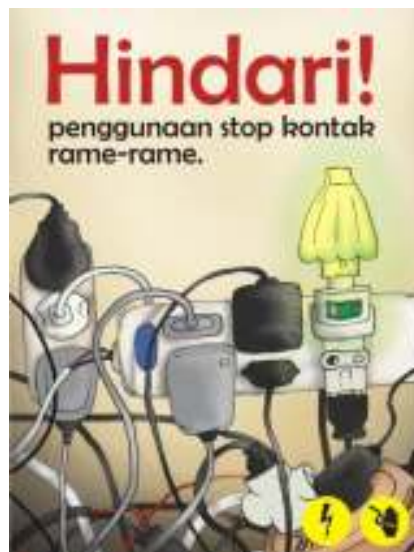
Disamping Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 dan peraturan mengenai kelistrikan yang berlaku, harus diperhatikan pula syarat-syarat dalam pemasangan instalasi listrik, antara lain :

1. Syarat Ekonomis

Instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga harga keseluruhan dari instalasi tersebut mulai dari perencanaan, pemasangan dan pemeliharannya dapat seekonomis mungkin, kerugian akibat daya listrik juga harus sekecil mungkin.

2. Syarat Keamanan

Instalasi listrik harus dibuat sedemikian rupa sehingga kemungkinan timbul kecelakaan sangat kecil. Aman dalam hal ini berarti tidak membahayakan jiwa manusia dan terjaminnya peralatan serta benda-benda disekitarnya dari kerusakan akibat adanya gangguan seperti gangguan hubung singkat, gangguan tegangan lebih, gangguan beban lebih dan lain sebagainya.



3. Syarat Keandalan (Kelangsungan Kerja)

Kelangsungan aliran listrik kepada konsumen harus terjamin secara baik. Jadi instalasi listrik harus dirancang sedemikian rupa sehingga kemungkinan terputusnya aliran listrik akan sangat kecil. (Tim Fakultas Teknik UNY, 2003 : 8)

C. Pengaman Instalasi Rumah Tinggal

1. **Bargainaser**, merupakan alat yang berfungsi sebagai pembatas daya listrik yang masuk ke rumah tinggal, sekaligus juga berfungsi sebagai pengukur jumlah daya listrik yang digunakan pada rumah tinggal tersebut (dalam satuan kWh). Ada berbagai batasan daya yang dikeluarkan oleh PLN untuk dikonsumsi rumah tinggal, yaitu 220 VA, 450 VA, 900 VA, 1.300 VA dan 2.200 VA.



Gambar 3.1. Bergainaser Analog



Gambar 3.2. Bergainaser Digital

Pada Bargainser terdapat 3 bagian utama, yaitu :

a. MCB (Miniature Circuit Breaker)

Berfungsi untuk memutuskan aliran daya listrik secara otomatis jika daya yang dihantarkan melebihi nilai batasannya. MCB ini bersifat on/off dan dapat juga berfungsi sebagai sakelar utama dalam rumah. Jika MCB ini dalam kondisi off, maka seluruh aliran listrik dalam rumah pun terputus. Sakelar ini biasanya dimatikan pada saat akan dilakukan perbaikan instalasi listrik rumah tinggal.

b. Meter Listrik (kWh Meter)

Alat ini berfungsi untuk mengukur besaran daya yang digunakan oleh rumah tinggal tersebut dalam satuan kWh. Pada bargainser, meter listrik berwujud deretan angka secara analog ataupun digital yang akan berubah sesuai penggunaan daya listrik.

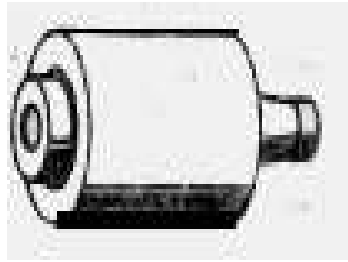
c. Spin Control

Merupakan alat kontrol penggunaan daya listrik dalam rumah tinggal dan akan selalu berputar selama ada daya listrik yang digunakan. Perputaran spin control ini akan semakin cepat jika daya listrik yang digunakan semakin besar pula, dan akan melambat jika daya listrik yang digunakan semakin berkurang.

Pada kanal output Bargainser biasanya terdapat 3 kabel, yaitu kabel fasa, netral dan ground yang dihubungkan ke tanah. Listrik dari PLN harus dihubungkan dengan Bargainser terlebih dahulu sebelum masuk ke instalasi listrik rumah tinggal.

2. Pengaman Listrik, Instalasi listrik rumah tinggal pun membutuhkan pengaman yang berfungsi untuk memutuskan rangkaian listrik apabila terjadi gangguan pada instalasi listrik rumah tinggal tersebut, seperti gangguan hubung singkat/short circuit. Terdapat 2 jenis pengaman listrik pada instalasi listrik rumah tinggal, yaitu:

a. Pengaman lebur biasa (sekering), Alat pengaman ini bekerja memutuskan rangkaian listrik dengan cara memutuskan kawat yang ada dalam patron lebur apabila arus yang mengalir pada rangkaian melebihi batas arus nominal listrik tertentu yang sudah ditetapkan pada sekering.



Gambar 3.3. Patron Lebur



Gambar 3.4. PHB (Papan Hubung Bagi)

- b. **Pengaman listrik thermis (MCB)**, Suatu alat yang berfungsi sebagai pemutus hubungan yang disebabkan oleh beban lebih dengan relai arus lebih seketika yang bersifat elektromagnetis. Bila bimetal ataupun elektromagnet bekerja, maka akan memutus hubungan kontak yang terletak pada pemadam busur sehingga saklar akan membuka. MCB untuk rumah seperti pada pengaman lebur diutamakan untuk proteksi hubungan pendek, sehingga pemakaiannya lebih diutamakan untuk mengamankan instalasi.



Gambar 3.5. MCB (Miniature Circuit Breaker)

D. Sistem Pentanahan (Grounding)

Sistem pentanahan biasa disebut sebagai grounding atau instalasi grounding. Sistem grounding banyak digunakan di setiap bangunan gedung bertingkat, kantor maupun rumah tinggal. Sistem grounding juga sudah terpasang di daerah pedalaman, karena di dataran yang luas dapat terkena sambaran petir. Sistem grounding cukup besar manfaatnya untuk bangunan atau peralatan yang ingin dilindungi maupun nyawa manusia. Grounding merupakan sistem pengaman terhadap perangkat-perangkat yang menggunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik, petir, dll. Tujuan utama adanya grounding adalah untuk menciptakan sebuah jalur yang low impedance (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan transient voltage. Penerangan, arus listrik, circuit switching dan electrostatic discharge adalah penyebab umum dari adanya sentakan listrik, sehingga grounding sangat efektif untuk meminimalkan efek tersebut. Standar pentanahan grounding antara lain: TIA-942, J-STD-607-A-2002 dan IEEE Std 1100 (IEEE Emerald Book), IEEE Recommended Practice Grounding for Powering and Grounding Electronic Equipment.

Beberapa alasan mengapa grounding diperlukan antara lain:

1. Grounding mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan akibat sambaran petir.
2. Grounding mencegah terjadinya lonjakan listrik (spike).
3. Grounding mencegah terjadinya loncatan yang ditimbulkan adanya perbedaan potensial tegangan antara satu sistem pentanahan dengan yang lainnya.

Standar nilai grounding yang disyaratkan untuk kelistrikan:

1. Grounding tegangan phase – netral ≈ 220 Volt AC
2. Grounding tegangan phase – ground ≈ 220 Volt AC
3. Grounding tegangan netral – ground ≈ 1 Volt AC
4. Grounding nilai toleransi $\approx 3\%$
5. Ukuran grounding ≈ 1 Ohm

Beberapa macam type grounding, meliputi:

1. Ground Rod, tipe grounding yang terbuat dari kuningan untuk ground yang terhubung ke tanah dan dilengkapi dengan bak kontrol (untuk pengukuran).
2. Elektroda Pita, sistem grounding yang menggunakan dasar plat tembaga sebagai elektroda pita yang dihubungkan dengan kabel ke bak kontrol.
3. Elektroda Plat, sistem grounding yang menggunakan plat tembaga sebagai elektroda plat yang dihubungkan dengan kabel ke bak kontrol.

Masyarakat umum biasanya mengaplikasikan sistem grounding terhadap instalasi kelistrikan atau sering disebut ARDE. Tujuan pemasangan grounding ini untuk membuang arus jahat yang mengalir di dalam listrik yang dapat menyebabkan kerusakan peralatan. Sistem grounding yang sudah sangat umum terdiri:

1. **Safety Grounding**, merupakan grounding yang biasa digunakan untuk keamanan atau keselamatan perangkat maupun manusia. Sistem grounding ini diaplikasikan dalam jalur kelistrikan dan juga perangkat penangkal petir. Pemasangan sistem grounding bertujuan untuk meminimalisir dampak arus jahat yang diakibatkan oleh naik turunnya tegangan dan arus dari listrik PLN maupun arus akibat gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh petir.
2. **RF Grounding**, dengan pemasangan grounding seperti ini, diharapkan kerusakan pada alat dapat diminimalisir, meskipun tidak seorangpun bisa mencegah terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh sambaran petir. Sistem grounding ini khusus diaplikasikan pada instalasi perangkat radio komunikasi. Tujuan utamanya instalasi grounding, yaitu untuk mengurangi atau meminimalisir dampak pancaran radiasi gelombang dari radio komunikasi. Sistem grounding seperti ini utamanya diterapkan pada perangkat-perangkat High Frekuensi (HF) dan perangkat dengan wattage atau power besar (sampai dengan kW). Dengan menerapkan sistem grounding RF yang bagus, maka diharapkan kerugian yang ditimbulkan akibat pancaran radiasi gelombang radio dapat berkurang.

E. Grounding Peralatan Kelistrikan

Instalasi listrik besar, sedang atau kecil dengan berbagai variasi tegangan dari rendah, tinggi sampai ekstra tinggi wajib dipasang grounding (pentanahan atau arde). Grounding adalah suatu jalur yang dipasang langsung dari arus listrik menuju bumi. Grounding dipasang untuk mencegah terjadinya kontak antara makhluk hidup dengan tegangan listrik berbahaya akibat adanya kegagalan isolasi. Cara kerja grounding adalah ketika terjadi arus listrik yang terlalu besar akibat adanya kebocoran, induksi tegangan listrik atau kegagalan isolasi suatu peralatan listrik atau instalasi listrik,

maka bagian pentanahan akan secepatnya menyalurkan ke tanah, dan orang yang tidak sengaja memegang peralatan tersebut akan aman dari sengatan listrik, serta peralatan akan terhindar dari kerusakan.

Sebagai bagian dari proteksi instalasi listrik rumah tinggal, grounding mempunyai beberapa fungsi antara lain:

1. Untuk keselamatan, grounding berfungsi sebagai penghantar arus listrik langsung ke bumi atau tanah saat terjadi tegangan listrik yang timbul akibat kegagalan isolasi dari sistem kelistrikan atau peralatan listrik. Contohnya, ketika menggunakan setrika listrik dan terjadi tegangan yang bocor dari elemen pemanas dari setrika, maka tegangan yang bocor akan mengalir langsung ke bumi melalui penghantar grounding, dan pengguna akan aman dari bahaya kesetrum.
2. Untuk instalasi penangkal petir, sistem grounding berfungsi sebagai penghantar arus listrik yang besar langsung ke bumi. Pemasangan grounding untuk instalasi penangkal petir dan instalasi listrik rumah harus dipisahkan.
3. Sebagai proteksi peralatan elektronik atau instrumentasi sehingga dapat mencegah kerusakan akibat adanya bocor tegangan.

Apabila ditinjau lebih luas lagi, pengertian dan fungsi grounding akan berbeda apabila diterapkan dalam sistem transmisi tenaga listrik, tujuan pengukuran, pesawat terbang atau pesawat ruang angkasa.

1. Untuk rangkaian sistem transmisi tenaga listrik yang besar, bumi merupakan salah satu penghantar dan jalur kembali dari rangkaian. Arus listrik yang mengalir ke beban akan mengalir kembali ke sumber arus listrik tersebut, maka kabel listrik sebaiknya mempunyai minimal 2 penghantar, dimana salah satu mengalir dari sumber listrik ke beban dan satunya berfungsi sebagai penghantar balik.
2. Untuk tujuan pengukuran, bumi dapat berperan sebagai tegangan referensi yang relatif cukup konstan untuk melakukan pengukuran sumber tegangan.
3. Untuk pesawat terbang, ketika beroperasi tentu tidak memiliki koneksi fisik langsung ke bumi, maka dipasang suatu konduktor besar yang berfungsi sama seperti grounding sebagai jalur kembali dari berbagai arus listrik. Pesawat udara dilengkapi dengan static discharge system yang dipasang di ujung sayap berfungsi untuk membuang kembali ke udara muatan listrik yang timbul akibat gesekan dengan angkasa saat terbang, sehingga pesawat aman dari sambaran petir.



Gambar 3.6. Static Discharge System pada Pesawat Terbang

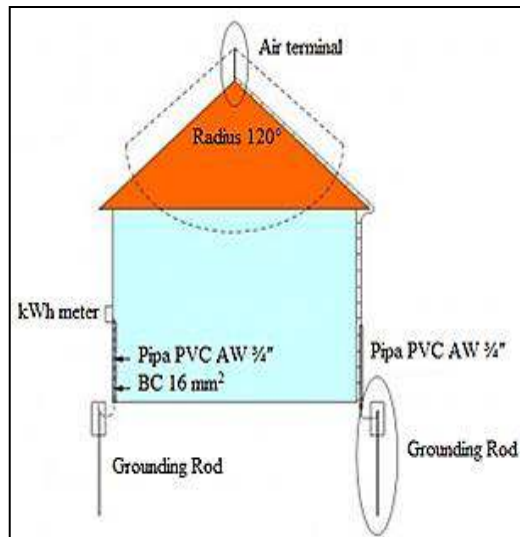


Gambar 3.7. Terminal Pentanahan di MCB Box

Kabel grounding dalam instalasi listrik secara umum terkoneksi di kWh meter PLN. Sistem grounding disambung menggunakan kabel grounding dari kabel NYM masuk ke MCB box (pengaman listrik atau panel hubung bagi).

Sirkuit dari instalasi listrik menggunakan 3 buah MCB. Terminal netral (warna biru) berada di bagian atas sedangkan terminal grounding (warna hijau, kuning) berada di bagian bawah.

Pemasangan instalasi grounding di bagian luar (outdoor), tipe konvensional adalah seperti berikut: Sistem grounding yang terpasang ada 2 macam, yaitu instalasi listrik rumah dan instalasi penangkal petir. Jarak pemasangan antara instalasi listrik dan instalasi penangkal petir minimal sejauh 10 m. Koneksi grounding untuk instalasi listrik terpasang di kWh meter milik PLN.

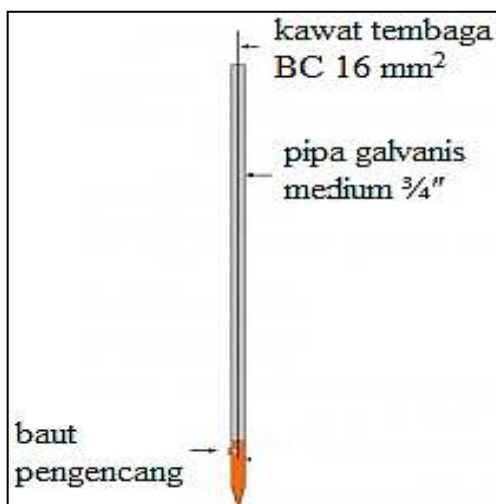


Gambar 3.8. Contoh Pemasangan Instalasi Grounding Rumah

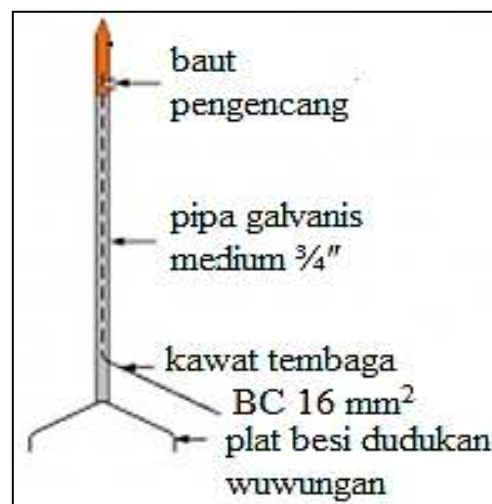
Komponen instalasi grounding terdiri dari:

1. Grounding Rod merupakan batang grounding yang ditanam di dalam tanah, terdiri dari pipa galvanis medium $\frac{3}{4}$ " , kawat tembaga BC berdiameter 16 mm², dilengkapi dengan splitzen yang dikencangkan dengan baut. Panjang grounding rod biasanya antara 1,5 – 3 m.
2. Pipa PVC yang digunakan sebagai selubung (konduit) dari kabel grounding yang ditanam di dinding/tembok atau untuk jalur kabel penangkal petir.

Cara kerja instalasi grounding yaitu dari kWh meter kawat tembaga BC yang terpasang dalam pipa PVC bertemu dengan grounding rod dalam satu bak kontrol. Untuk instalasi penangkal petir, air terminal yang terpasang harus mampu mengcover sampai radius 120°, di posisi air terminal batang tembaga disambung dengan kabel BC langsung menuju grounding rod.



Gambar 3.9. Detail Komponen Grounding Rod



Gambar 3.10. Detail Komponen Air Terminal dari Penangkal Petir

Parameter yang paling penting untuk menilai kualitas grounding adalah resistansi atau nilai tahanan yang terukur di koneksi grounding. Semakin kecil nilai tahanannya maka koneksi grounding semakin baik, artinya arus gangguan atau petir dapat lebih cepat menuju bumi tanpa hambatan yang berarti. Nilai tahanan yang umumnya dipakai maksimal sebesar 5 Ohm untuk instalasi listrik rumah tinggal dan 2 Ohm untuk instalasi petir, sesuai yang tertera dalam PUIL 2000.

Besarnya nilai tahanan yang didapat tidak selalu sama dengan panjang grounding rod yang terpasang, karena dipengaruhi juga oleh kondisi tanah. Apabila kondisi tanah mempunyai nilai tahanan rendah, maka cukup dipasang satu atau dua batang grounding rod sehingga tahanan yang terukur dapat mencapai dibawah 5 Ohm. Apabila tahanan yang terukur masih tinggi, maka panjang grounding rod harus ditambah agar lebih dalam lagi. Jika daerah dengan nilai tahanan tanahnya tinggi, maka tahanan grounding diperbolehkan mencapai maksimal 10 Ohm.

Pengukuran nilai tahanan menggunakan alat ukur yang disebut “earth tester”. Alat ini merupakan alat wajib bagi kontraktor yang mengerjakan instalasi grounding. Besarnya nilai tahanan dapat dipastikan dan diukur apakah sudah sesuai dengan persyaratan, jadi bukan berdasarkan berapa meter grounding rod ditanam. Koneksi grounding harus dipastikan tidak terputus sampai ke peralatan listrik yang digunakan. Kabel grounding, phase dan netral secara bersama dari MCB box akan melewati seluruh instalasi listrik dan berakhir di stop kontak. Colokan listrik atau steker yang digunakan sebaiknya juga dilengkapi fasilitas koneksi grounding.

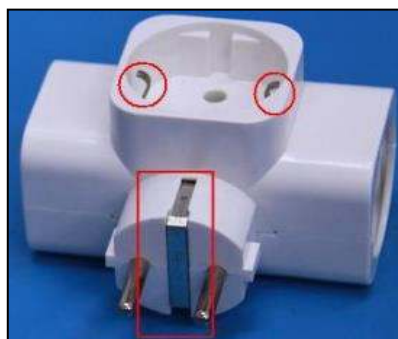
Peralatan listrik dengan kapasitas yang cukup besar seperti TV, Rice-cooker, setrika listrik, kabel rol, mesin air, kulkas, dll sebaiknya menggunakan colokan multi bentuk “T”. Contoh peralatan yang dilengkapi dengan fasilitas koneksi grounding adalah ditunjukkan dalam kotak atau lingkaran merah seperti berikut ini:



Gambar 3.11. Stop Kontak



Gambar 3.12. Steker



Gambar 3.13. Steker “T”

F. Grounding Yang Efektif Untuk Mencegah Kebakaran

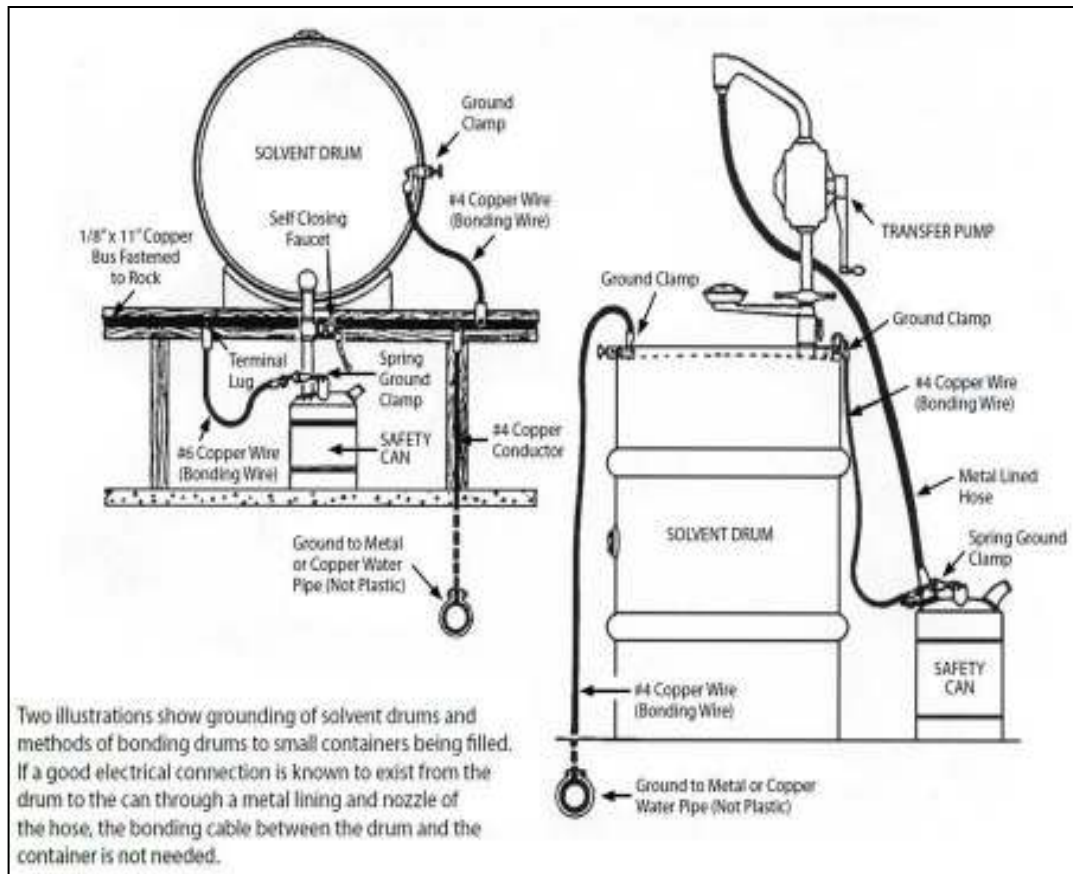
Listrik statis telah menyebabkan terjadinya kebakaran yang serius pada banyak industri manufaktur. Percikan atau spark yang timbul akibat listrik statis dapat

membakar uap mudah terbakar (flammable vapor). Pembentukan listrik statis adalah karena adanya aksi kontak dan pemisahan zat yang berbeda. Cairan menghasilkan statis ketika cairan mengalir melalui pipa atau selang; ketika cairan jatuh melalui udara dalam bentuk tetes atau semprotan, ketika cairan memercik di dalam tangki, dan ketika udara atau gas dialirkan melalui cairan sehingga membentuk gelembung cairan.

Jika tidak ada jalan atau penyaluran dari listrik statis yang terbentuk, maka muatan listrik statis akan mengumpul dan membentuk tegangan listrik yang cukup untuk menimbulkan spark atau percikan. Maka apabila bekerja dengan bahan flammable atau mudah terbakar, maka container atau kemasan harus dipasang grounding dan mengikat kemasan untuk menghindari terbentuknya listrik statis.



Gambar dibawah ini merupakan salah satu contoh sistem grounding yang efektif untuk menghindari terjadinya kebakaran dari bahan kimia mudah terbakar ketika dilakukan pemindahan tanpa/dengan menggunakan pompa dari satu kemasan ke kemasan yang lain.



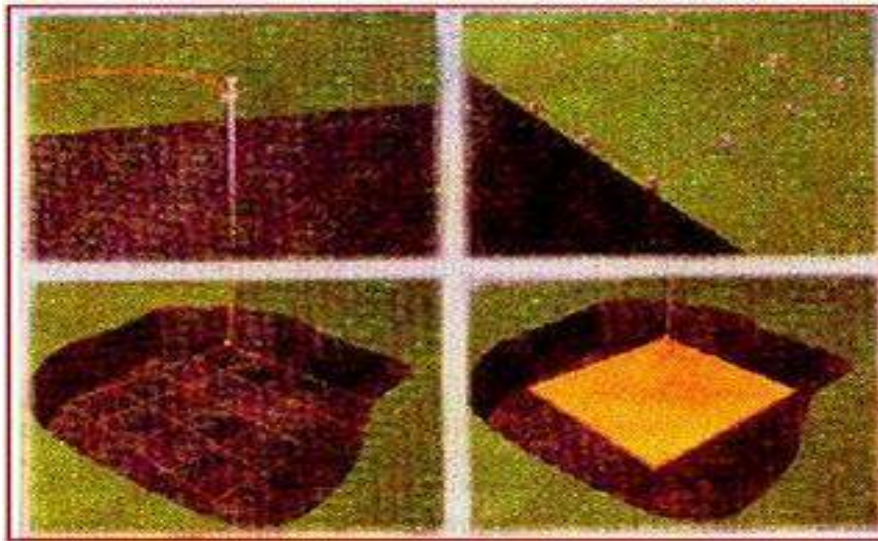
Gambar 3.14. Sistem Grounding Untuk Bahan Kimia Mudah Terbakar Bagian-bagian yang Ditanahkan

Dalam sebuah instalasi listrik ada empat bagian yang harus ditanahkan atau sering juga disebut dibumikan. Empat bagian dari instalasi listrik ini adalah:

1. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantar listrik) dan dengan mudah bisa disentuh manusia. Hal ini perlu agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah (bumi) tempat manusia berpijak sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
2. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah (bumi) dengan lancar.
3. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester. Karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus ditanahkan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
4. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitan dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

Dalam praktik, diinginkan agar tahanan pentanahan dari titik-titik pentanahan tersebut di atas tidak melebihi 4 ohm. Secara teoretis, tahanan dari tanah atau bumi adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapi kenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pentanahan nilainya tidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pentanahan dengan tanah di mana alat

tersebut dipasang (dalam tanah). Alat untuk melakukan pentanahan ditunjukkan oleh Gambar berikut:



Gambar 3.15. Macam - macam Alat Pentanahan

Dari gambar 3.15. tampak bahwa ada empat alat pentanahan, yaitu :

- a. Pentanahan tunggal (single grounding rod).
- b. Batang pentanahan ganda (multiple grounding rod), terdiri dari beberapa batang tunggal yang dihubungkan paralel.
- c. Anyaman pentanahan (grounding mesh), merupakan anyaman kawat tembaga.
- d. Pelat pentanahan (grounding plate), yaitu pelat tembaga.

Tahanan pentanahan selain ditimbulkan oleh tahanan kontak tersebut diatas juga ditimbulkan oleh tahanan sambungan antara alat pentanahan dengan kawat penghubungnya. Unsur lain yang menjadi bagian dari tahanan pentanahan adalah tahanan dari tanah yang ada di sekitar alat pentanahan yang menghambat aliran muatan listrik (arus listrik) yang keluar dari alat pentanahan tersebut. Arus listrik yang keluar dari alat pentanahan ini menghadapi bagian-bagian tanah yang berbeda tahanan jenisnya.

Untuk jenis tanah yang sama, tahanan jenisnya dipengaruhi oleh kedalamannya. Makin dalam letaknya, umumnya makin kecil tahanan jenisnya, karena komposisinya makin padat dan umumnya juga lebih basah. Oleh karena itu, dalam memasang batang pentanahan, makin dalam pemasangannya akan makin baik hasilnya dalam arti akan didapat tahanan pentanahan yang makin rendah.

G. Faktor yang Mempengaruhi Tahanan Pentanahan

Suatu elektroda pentanahan tidak bisa ketika ditanamkan ke dalam tanah seketika memperoleh hasil yang baik, dalam hal ini nilai tahanan yang rendah. Banyak faktor, keduanya alami dan manusia, bisa mempengaruhi hasil. Faktor-faktor tersebut antara lain :

1. **Resistivitas Bumi**, Resistivitas listrik dari bumi (tahanan bumi untuk mengalirkan arus) menjadi bagian penting. Resistivitas bumi (ohm meter) merupakan nilai resistansi dari bumi yang menggambarkan nilai konduktivitas listrik bumi dan didefinisikan sebagai tahanan, dalam ohm, antara permukaan yang berlawanan dari suatu kubus satu meter kubik dalam volume. Suatu unit

pengukuran alternatif, ohm-centimeter, didefinisikan sebagai tahanan dalam ohm, antara permukaan yang berlawanan dari satu centimeter kubik dari bumi.

Untuk mengkonversi ohm-meters ke ohm-centimeters, kalikan dengan dengan 100. Resistifitas bumi bervariasi. Di Amerika Serikat resistivitas bervariasi dari beberapa ohm-meter sepanjang beberapa pantai sampai beribu-ribu ohm-meter dalam daerah berbatu-batu, bergunung-gunung. Resistivitas bumi dapat berubah-ubah dalam jarak sangat kecil dalam kaitan dengan kondisi-kondisi lokal tanah. Tabel-tabel berikut menunjukkan resistivitas bumi untuk berbagai jenis tanah. Tabel ini bermanfaat di dalam pemilihan penempatan di mana suatu pentanahan akan ditempatkan.

Tabel 3.2. Tahanan Jenis Berbagai Macam Tanah dan Tahanan Pentanahannya

Macam Tanah	Tahanan Jenis (ohm-m)	Tahanan Pentanahan (Ω)					
		Kedalaman Batang Pentanahan (m)			Panjang Pita Pentanahan (m)		
		3	6	10	5	10	20
1. Humus lembab	30	10	5	3	12	6	3
2. Tanah pertanian; tanah liat	100	33	17	10	40	20	10
3. Tanah liat berpasir	150	50	25	15	60	30	15
4. Pasir lembab	300	66	33	20	80	40	20
5. Pasir kering	1.000	330	165	100	400	200	100
6. Beton 1:5	400	-	-	-	160	80	40
7. Kerikil lembab	500	160	80	48	200	100	50
8. Kerikil kering	1.000	330	165	100	400	200	100
9. Tanah berbatu	30.000	1.000	500	300	1.200	600	300
10. Batu karung	10^7	-	-	-	-	-	-

Tabel 3.2 menunjukkan tahanan jenis berbagai macam tanah serta tahanan pentanahan dengan berbagai kedalaman dan apabila digunakan pita pentanahan (grounding strip) dengan berbagai ukuran panjang. Dari tabel terlihat bahwa untuk memperoleh tahanan pentanahan 6 Ω di humus lembab, maka batang pentanahannya cukup dipancang sedalam 5 meter tetapi bila di pasir kering kedalamannya harus 165 meter.

- Kelembaban Tanah,** Tanah manapun, dengan nilai kelembaban nol, bersifat isolasi. Kondisi ini jarang ditemui kecuali di area padang pasir atau selama periode dari musim kering ekstrim.
- Kandungan Mineral Tanah,** Air yang tidak mengandung garam mineral merupakan bahan isolasi sama halnya dengan tanah dengan kelembaban nol.
- Temperatur,** Jika temperatur tanah berkurang, maka resistivitasnya meningkat terutama ketika temperatur tanah turun di bawah titik beku air, resistivitas akan meningkat dengan cepat.

H. Kesimpulan

Bahaya listrik dapat mengakibatkan kebakaran yang disebabkan oleh hubungan arus pendek listrik. Untuk mencegahnya ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

- a. Percayakan pemasangan instalasi listrik pada instalatir yang terdaftar sebagai anggota AKLI (Asosiasi Kontraktor Listrik Indonesia) dan terdaftar di PLN. Secara legal instalatir tersebut mempunyai tanggung jawab terhadap keamanan instalasi.
- b. Jangan menumpuk steker atau colokan listrik terlalu banyak pada satu tempat karena sambungan seperti itu akan menimbulkan suhu panas yang semakin tinggi yang akhirnya mengakibatkan konsleting dan kebakaran.
- c. Jangan menggunakan peralatan/perlengkapan listrik sembarangan yang tidak standar walaupun harganya murah tetapi harus ber – SNI.
- d. Jika sekering putus, jangan menyambunginya kembali dengan kawat serabut yang tidak sesuai karena setiap sekering mempunyai kemampuan aliran arus untuk melayani besar beban tertentu.
- e. Lakukan pemeriksaan secara rutin terhadap kondisi isolasi pembungkus kabel, bila ada isolasi yang terkelupas atau telah menipis maka harus segera dilakukan penggantian.
- f. Gunakan jenis dan ukuran kabel yang sesuai dengan standar pemasangan instalasi listrik rumah tinggal meliputi kegunaan, fungsi dan kapasitas hantar arusnya
- g. Perlu diketahui bahwa hubungan arus pendek diakibatkan oleh kontak langsung antara kabel positif dan negatif yang biasanya dibarengi dengan percikan bunga api yang memicu terjadinya kebakaran. Oleh karena itu, hindari pemakaian listrik secara ilegal karena disamping dapat membahayakan keselamatan jiwa, pemasangan pengaman yang minim atau bahkan tidak ada sama sekali akan menimbulkan kebakaran dan bahaya listrik lainnya.
- h. Apabila terjadi kebakaran akibat pengaman MCB yang tidak berfungsi dengan baik, maka segera matikan aliran listrik dari kWh meter dan perbaiki/ganti MCB tersebut. Jangan menyiram dengan air apabila masih ada arus listrik yang mengalir.

Jadi sebelum hal-hal yang tidak diinginkan terjadi dan menimpa keselamatan jiwa, maka sebaiknya lakukanlah tindakan pencegahan, perawatan, serta berhati-hatilah dalam memanfaatkan instalasi listrik rumah tinggal.

BAB IV BAHAYA KELISTRIKAN, IDENTIFIKASI BAHAYA PEMANTAUAN DAN PENGUKURAN

A. Hazard Identification Risk Assesment Determining Control (HIRADC)

Identifikasi bahaya dilakukan untuk mengetahui apa saja bahaya yang mungkin terjadi dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan sekitar. Penilaian dan penentuan pengendalian resiko dapat dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Melakukan tinjauan awal untuk menilai semua potensi bahaya, seperti:
 - a. **Fisika (Physical Hazard)**, seperti: kebisingan, ergonomic, kualitas udara, kualitas air, kualitas pencahayaan dan lingkungan yang tidak nyaman.
 - b. **Kimia (Chemical Hazard)**, seperti: ledakan, terbakar, B3 yang tercampur dalam makanan dan minuman, dan udara yang beracun.
 - c. **Elektrikal (Electrical Hazard)**, seperti: kontak langsung dengan aliran listrik, hubungan arus pendek, kegagalan isolasi dan kerusakan alat proteksi.
 - d. **Biologi (Biological Hazard)**, seperti: penanganan air limbah, kotoran, bahan makanan yang tidak higienis dan peralatan konsumsi yang tercemar racun.
 - e. **Radiasi (Radiation Hazard)**, seperti: sinar ultra violetn dan laser.
 - f. **Psikologi (Psychological Hazard)**, seperti: bekerja di ketinggian, bekerja di daerah terpencil, bekerja dengan tingkat tekanan tinggi, bekerja dengan orang asing dan bekerja dengan perlengkapan K3 yang minim.



2. Menggunakan matriks penilaian resiko, melakukan perhitungan resiko awal (**Initial Risk**), dengan asumsi bahwa perusahaan belum melakukan pengendalian resiko sama sekali.
3. Mengklasifikasikan skala resiko awal menjadi “penting” atau “tidak penting” sesuai dengan matriks penilaian resiko.
4. Menentukan pengendalian resiko yang diterapkan oleh perusahaan. Pengendalian resiko harus sesuai dengan hirarki sebagai berikut:
 - a. **Eliminasi (Elimination)**, yaitu menghilangkan bahaya atau resiko dari sumbernya, sebagai contoh menimbun lubang sehingga tidak ada potensi jatuh ke dalam lubang.
 - b. **Substitusi (Substitution)**, yaitu mengganti dengan bahan atau sumber bahaya yang lebih kecil.
 - c. **Pengendalian rekayasa (Engineering Control)**, yaitu cara pengendalian resiko dengan cara engineering atau rekayasa.

B. Arus Listrik Serta Keamanan dan Keselamatan Manusia

Keamanan adalah kebutuhan dasar manusia prioritas kedua berdasarkan kebutuhan fisiologis dalam hirarki Maslow yang harus terpenuhi selama hidupnya, sebab dengan terpenuhinya rasa aman, setiap individu dapat berkarya dengan optimal dalam hidupnya. Mencari lingkungan yang betul-betul aman memang sulit, maka konsekuensinya promosi keamanan berupa kesadaran dan penjagaan adalah hal yang penting.

Dalam rangka usaha menyadarkan pentingnya menjaga keamanan dan menyediakan keamanan bagi anggota keluarga, komunitas dan masyarakat, sangat relevan membahas keamanan dari arus listrik karena arus listrik termasuk penyebab kecelakaan yang cukup dominan yang menyebabkan kebakaran maupun kematian (electrocution), terjadi baik pada perumahan maupun industri. Beberapa penyebab yang berpotensi menyebabkan kecelakaan listrik pada lingkungan kerja maupun rumah tangga:

1. Buruknya kondisi instalasi listrik, antara lain disebabkan oleh:

- a. Pemasangan kabel yang serampangan. Banyak sekali dijumpai kasus instalasi listrik yang serampangan dengan kurang mempertimbangkan kemampuan kabel untuk menyalurkan daya. Demikian juga dengan banyaknya sambungan listrik yang memperbesar impedansi kabel. Kedua hal tersebut dapat meningkatkan suhu kabel sehingga menyebabkan rusaknya isolasi kabel. Rusaknya isolasi kabel berpotensi terjadinya hubung singkat atau kontak dengan manusia.
- b. Rusaknya isolasi kabel karena usia. Seiring dengan bertambahnya usia kabel, kualitas isolasi kabel juga semakin berkurang. Kondisi ini tidak hanya ditemui di rumah tangga, tetapi juga di industri. Tidak mengherankan jika kita sering menjumpai kabel yang sudah berumur lebih dari 10 tahun masih digunakan dalam instalasi rumah.

Rusaknya isolasi kabel berpotensi menimbulkan kebakaran, dan melalui media lain seperti air atau kayu yang lapuk/basah kontak tidak langsung dengan manusia (kesetrum/electric shock).

2. Kurangnya pemahaman terhadap lingkungan/object kerja

Bekerja dengan alat-alat baru atau alat yang sudah tua, memerlukan perhatian khusus. Analisa yang mendalam (job safety analysis/JSA) perlu dibuat untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak lazim tetapi berpotensi terjadi, semisal asumsi rusak isolasi.

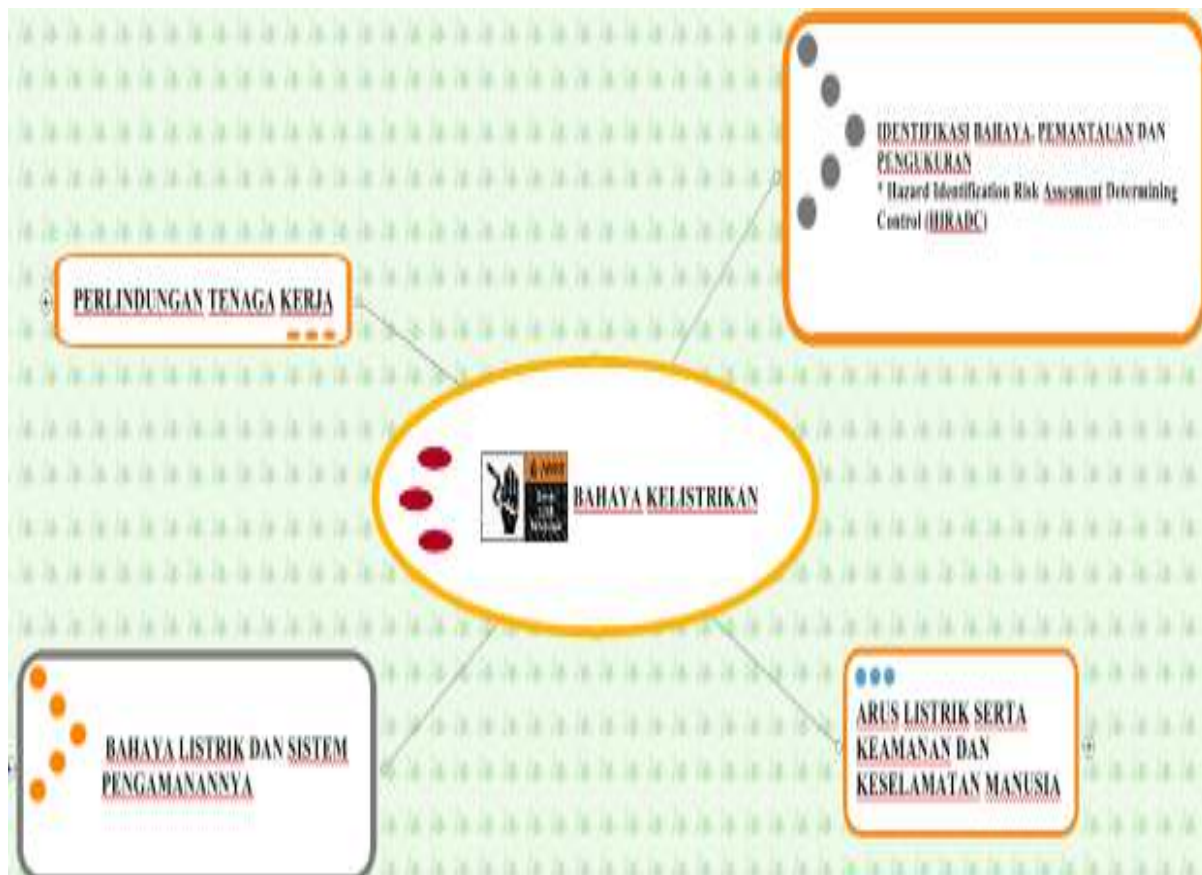
3. Penggunaan pemanas listrik

Bahaya rusaknya isolasi pada alat pemanas listrik sangat besar, terutama jika isolasi berhubungan langsung dengan manusia atau media penghantar listrik yang berpotensi kontak dengan manusia. Sebagai contoh water heater. Air mengalir melalui rangkaian pemanas listrik berisolasi. Jika terjadi kebocoran isolasi maka aliran listrik juga akan mengalir melalui air yang dilewatkan. Bisa dibayangkan bahaya yang mengancam jika air tersebut sedang digunakan untuk mandi?

C. Perlindungan Tenaga Kerja

Pasal 3 Ayat 1 UU No. 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja mengatur tentang syarat-syarat dan sanksi yang diberlakukan bagi perusahaan untuk mengimplementasikan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) menyatakan dengan

jelas keharusan untuk memberikan jaminan keselamatan pekerja dalam bentuk pencegahan terkena aliran listrik yang berbahaya. Tindakan pencegahan ini tentunya dapat mengurangi biaya jaminan sosial tenaga kerja (Jamsostek) yang nantinya harus diberikan kepada korban jika terjadi kecelakaan. Pencegahan kecelakaan oleh arus listrik, selain melalui pelatihan, training, informasi, instruksi, safety induction, manual, handbook, maupun buku saku, juga perlu diimplementasikan juga berbagai peralatan pencegahnya, seperti alat yang dapat mencegah terjadinya kecelakaan listrik, baik kesetrum atau kebakaran.



Gambar 4.1. Mind Mapping Bahaya Kelistrikan

D. Bahaya Listrik dan Sistem Pengamanannya

Pada satu sisi, dalam menjalankan aktivitas sehari-hari kita sangat membutuhkan daya listrik. Namun pada sisi lain, listrik sangat membahayakan keselamatan kita kalau tidak dikelola dengan baik. Sebagian besar orang pernah mengalami/merasakan sengatan listrik, dari yang hanya merasa terkejut saja sampai dengan yang merasa sangat menderita. Oleh karena itu, untuk mencegah dari hal-hal yang tidak diinginkan, kita perlu meningkatkan kewaspadaan terhadap bahaya listrik dan jalan yang terbaik adalah melalui peningkatan pemahaman terhadap sifat dasar kelistrikan yang kita gunakan.

1. Bahaya Listrik

Bahaya listrik dibedakan menjadi dua, yaitu bahaya primer dan bahaya sekunder. Bahaya primer adalah bahaya-bahaya yang disebabkan oleh listrik secara langsung, seperti bahaya sengatan listrik dan bahaya kebakaran atau ledakan (Gambar 4.2).



(a) Sengatan listrik

(b) Kebakaran dan peledakan

Gambar 4.2. Bahaya Primer Listrik

Sedangkan bahaya sekunder adalah bahaya-bahaya yang diakibatkan listrik secara tidak langsung. Namun bukan berarti bahwa akibat yang ditimbulkannya lebih ringan dari yang primer. Contoh bahaya sekunder antara lain adalah tubuh/bagian tubuh terbakar baik langsung maupun tidak langsung, jatuh dari suatu ketinggian, dan lain-lain (Gambar 4.3).



(a) luka terbakar karena kontak langsung

(b) Luka terbakar akibat percikan api



(c) Jatuh

Gambar 4.3. Bahaya Sekunder Listrik

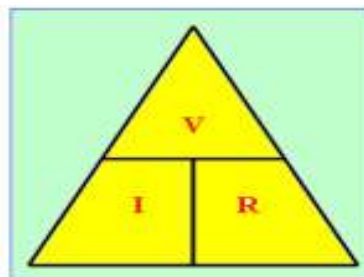
2. Bahaya Listrik bagi Manusia

Dampak sengatan listrik antara lain adalah:

- a. Gagal kerja jantung (Ventricular Fibrillation), yaitu berhentinya denyut jantung atau denyutan yang sangat lemah sehingga tidak mampu mensirkulasikan darah dengan baik. Untuk mengembalikannya perlu bantuan dari luar.
- b. Gangguan pernafasan akibat kontraksi hebat (suffocation) yang dialami oleh paru-paru.
 - 1) Kerusakan sel tubuh akibat energi listrik yang mengalir di dalam tubuh,
 - 2) Terbakar akibat efek panas dari listrik.

3. Tiga Faktor Penentu Tingkat Bahaya Listrik

Ada tiga faktor yang menentukan tingkat bahaya listrik bagi manusia, yaitu tegangan (V), arus (I) dan tahanan (R). Ketiga faktor tersebut saling mempengaruhi antara satu dan lainnya yang ditunjukkan dalam hukum Ohm, pada Gambar 4.4.

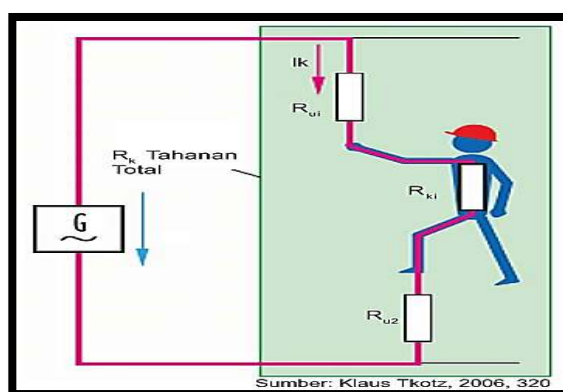


Gambar 4.4. Tingkat Bahaya Listrik Pada Tegangan, Arus dan Tahanan

Tegangan (V) dalam satuan volt (V) merupakan tegangan sistem jaringan listrik atau sistem tegangan pada peralatan. Arus (I) dalam satuan ampere (A) atau mili-ampere (mA) adalah arus yang mengalir dalam rangkaian, dan tahanan (R) dalam satuan ohm, kilo ohm atau mega ohm adalah nilai tahanan atau resistansi total saluran yang tersambung pada sumber tegangan listrik. Sehingga:

$$I = \frac{V}{R}; \quad R = \frac{V}{I}; \quad V = I \times R$$

Bila dalam hal ini titik perhatiannya pada unsur manusia, maka selain kabel (peng-hantar), sistem pentanahan, dan bagian dari peralatan lain, tubuh kita termasuk bagian dari tahanan rangkaian tersebut (Gambar 4.5).



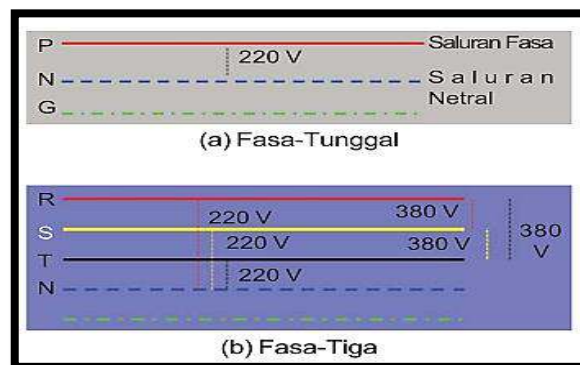
- R_{u1} = Tahanan penghantar
- R_{ki} = Tahanan tubuh
- R_{u2} = Tahanan penghantar
- R_x = Tahanan total
- $R_k = R_{u1} + R_{ki} + R_{u2}$

Gambar 4.5. Tubuh Manusia Bagian Dari Rangkaian

Bila dalam hal ini titik perhatiannya pada unsur manusia, maka selain kabel (penghantar), sistem pentanahan, dan bagian dari peralatan lain, tubuh kita termasuk bagian dari tahanan rangkaian tersebut (Gambar 4.5).

Tingkat bahaya listrik bagi manusia, salah satu faktornya ditentukan oleh tinggi rendah arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh kita. Sedangkan kuantitas arus akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh manusia serta tahanan lain yang menjadi bagian dari saluran. Berarti peristiwa bahaya listrik berawal dari sistem tegangan yang digunakan untuk mengoperasikan alat.

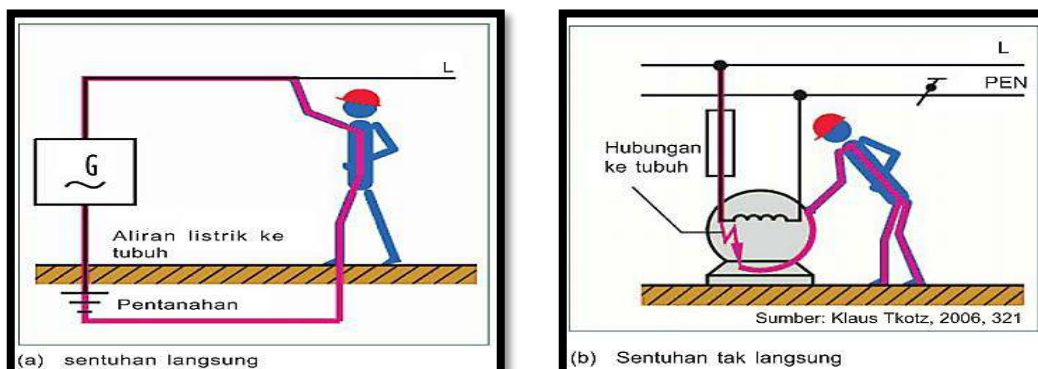
Semakin tinggi sistem tegangan yang digunakan, semakin tinggi pula tingkat bahayanya. Jaringan listrik tegangan rendah di Indonesia mempunyai tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.6 dan sistem tegangan yang digunakan di Indonesia adalah: fasa-tunggal 220 V, dan fasa-tiga 220/380 V dengan frekuensi 50 Hz. Sistem tegangan ini sungguh sangat berbahaya bagi keselamatan manusia.



Gambar 4.6 Sistem Tegangan Rendah di Indonesia

4. Proses Terjadinya Sengatan Listrik

Ada dua cara listrik bisa menyengat tubuh kita, yaitu melalui sentuhan langsung dan tidak langsung. Bahaya sentuhan langsung merupakan akibat dari anggota tubuh bersentuhan langsung dengan bagian yang bertegangan sedangkan bahaya sentuhan tidak langsung merupakan akibat dari adanya tegangan liar yang terhubung ke bodi atau selungkup alat yang terbuat dari logam (bukan bagian yang bertegangan) sehingga bila tersentuh akan mengakibatkan sengatan listrik. Gambar 4.7. memberikan ilustrasi tentang kedua bahaya ini:



Gambar 4.7. Jenis Bahaya Listrik

5. Tiga Faktor Penentu Keseriusan Akibat Sengatan Listrik

Ada tiga faktor yang menentukan keseriusan sengatan listrik pada tubuh manusia, yaitu: besar arus, lintasan aliran, dan lama sengatan pada tubuh.

a. Besar arus listrik

Besar arus yang mengalir dalam tubuh akan ditentukan oleh tegangan dan tahanan tubuh. Tegangan tergantung sistem tegangan yang digunakan (Gambar 4.7), sedangkan tahanan tubuh manusia bervariasi tergantung pada jenis, kelembaban/moistur kulit dan faktor-faktor lain seperti ukuran tubuh, berat badan, dan lain sebagainya. Tahanan kontak kulit bervariasi dari 1.000 kOhm (kulit kering) sampai 100 Ohm (kulit basah). Tahanan dalam (internal) tubuh sendiri antara 100– 500 Ohm. Contoh: Jika tegangan sistem yang digunakan adalah 220 V, berapakah kemungkinan arus yang mengalir ke dalam tubuh manusia?

1) Kondisi terjelek:

Tahanan tubuh adalah tahanan kontak kulit ditambah tahanan internal tubuh,
 $(R_k) = 100 \text{ Ohm} + 100 \text{ Ohm} = 200 \text{ Ohm}$

Arus yang mengalir ke tubuh:

$$I = V/R = 220 \text{ V}/200 \text{ Ohm} = 1,1 \text{ A}$$

2) Kondisi terbaik:

Tahanan tubuh $R_k = 1.000 \text{ k Ohm}$

$$I = 220 \text{ V}/1.000 \text{ kO} = 0,22 \text{ mA}$$

b. Lintasan aliran arus dalam tubuh

Lintasan arus listrik dalam tubuh juga akan sangat menentukan tingkat akibat sengatan listrik. Lintasan yang sangat berbahaya adalah yang melewati jantung dan pusat saraf (otak). Untuk menghindari kemungkinan terburuk adalah apabila kita bekerja pada sistem kelistrikan, khususnya yang bersifat ONLINE sbb:

- 1) Gunakan topi isolasi untuk menghindari kepala dari sentuhan listrik.
- 2) Gunakan sepatu yang berisolasi baik, agar kalau terjadi hubungan listrik dari anggota tubuh yang lain tidak mengalir ke kaki agar jantung tidak dilalui listrik.
- 3) Gunakan sarung tangan isolasi minimal untuk satu tangan untuk menghindari lintasan aliran ke jantung bila terjadi sentuhan listrik melalui kedua tangan. Bila tidak, satu tangan untuk bekerja sedangkan tangan yang satunya dimasukkan ke dalam saku.

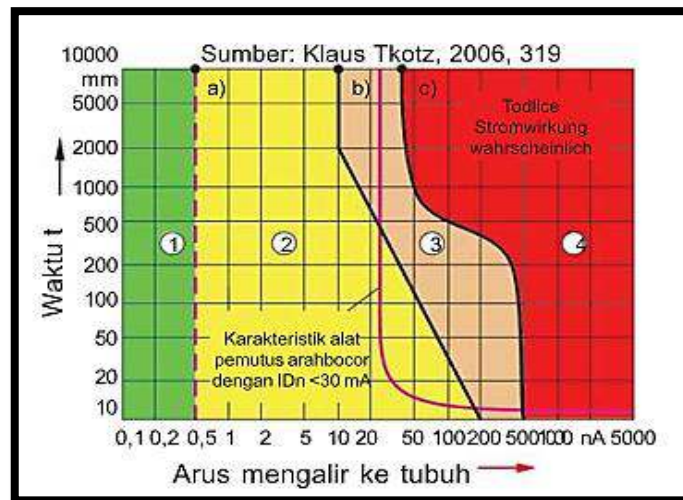
c. Lama waktu sengatan

Lama waktu sengatan listrik ternyata sangat menentukan kefatalan akibat sengatan listrik. Penemuan faktor ini menjadi petunjuk yang sangat berharga bagi pengembangan teknologi proteksi dan keselamatan listrik. Semakin lama waktu tubuh dalam sengatan semakin fatal pengaruh yang diakibatkannya. Oleh karena itu, yang menjadi ekspektasi dalam pengembangan teknologi adalah bagaimana bisa membatasi sengatan agar dalam waktu sependek mungkin.

Untuk mengetahui lebih lanjut tentang pengaruh besar dan lama waktu arus sengatan terhadap tubuh ditunjukkan pada Gambar 6.8. Dalam gambar ini diperlihatkan bagaimana pengaruh sengatan listrik terhadap tubuh, khususnya yang terkait dengan dua faktor, yaitu besar dan lama arus listrik mengalir dalam tubuh. Arus sengatan pada daerah 1 (sampai 0,5 mA) merupakan daerah aman dan belum dirasakan oleh tubuh (arus mulai terasa 1–8 mA).

Daerah 2, merupakan daerah yang masih aman walaupun sudah memberikan dampak rasa pada tubuh dari ringan sampai sedang walaupun

masih belum menyebabkan gangguan kesehatan. Daerah 3 sudah berbahaya bagi manusia karena akan menimbulkan kejang-kejang/ kontraksi otot dan paru-paru sehingga menimbulkan gangguan pernafasan. Daerah 4 merupakan daerah yang sangat memungkinkan menimbulkan kematian si penderita.



Daerah	Reaksi Tubuh	
1.		Tidak terasa
2.		Belum menyebabkan gangguan kesehatan
3.		Kejang otot, gangguan pernafasan
4.		Kegagalan detak jantung, kematian

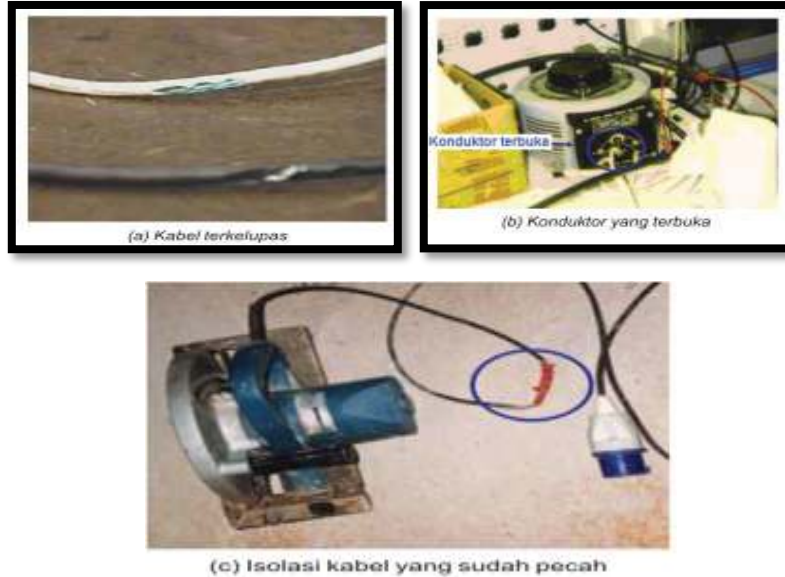
Gambar 4.8 A) Karakteristik Sengatan Listrik, B) Reaksi Tubuh Terhadap Sengatan Listrik

Dalam gambar tersebut juga ditunjukkan karakteristik salah satu pengaman terhadap bahaya sengatan listrik, di mana ada batasan kurang dari 30 mA dan waktu kurang dari 25 ms. Ini akan dibahas lebih lanjut pada bagian proteksi.

6. Kondisi-Kondisi Berbahaya

Banyak penyebab bahaya listrik yang ada dan terjadi di sekitar kita, di antaranya adalah isolasi kabel rusak, bagian penghantar terbuka, sambungan terminal yang tidak kencang dan sambungan kabel yang terlalu banyak. Isolasi kabel yang rusak merupakan akibat dari sudah terlalu tuanya kabel dipakai atau karena sebab-sebab lain (teriris, terpuntir, tergencet oleh benda berat dan lain-lain), sehingga ada bagian yang terbuka dan kelihatan penghantarnya atau bahkan ada serabut hantaran yang menjuntai.

Ini akan sangat berbahaya bagi yang secara tidak sengaja menyentuhnya atau bila terkena ceceran air atau kotoran-kotoran lain bisa menimbulkan kebakaran. Penghantar yang terbuka biasa terjadi pada daerah titik-titik sambungan terminal dan akan sangat membahayakan bagi yang bekerja pada daerah tersebut, khususnya dari bahaya sentuhan langsung.



Gambar 4.9. Contoh-Contoh Penyebab Bahaya Listrik

Sambungan listrik yang kendur atau tidak kencang, walaupun biasanya tidak membahayakan terhadap sentuhan, namun akan menimbulkan efek pengelasan (fonk) bila terjadi gerakan atau goyangan sedikit. Ini kalau dibiarkan akan merusak bagian sambungan dan sangat memungkinkan menimbulkan potensi kebakaran.

7. Sistem Pengamanan terhadap Bahaya Listrik

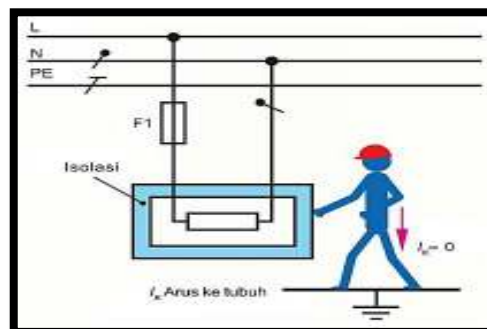
Sistem pengamanan listrik dimaksudkan untuk mencegah orang bersentuhan baik langsung maupun tidak langsung dengan bagian yang beraliran listrik.

a. Pengamanan terhadap Sentuhan Langsung

Ada banyak cara/ metode pengamanan dari sentuhan langsung seperti yang akan dijelaskan berikut ini:

- 1) Isolasi pengaman yang memadai.

Pastikan bahwa kualitas isolasi pengaman baik, dan dilakukan pemeriksaan dan pemeliharaan dengan baik. Memasang kabel sesuai dengan peraturan dan standar yang berlaku.

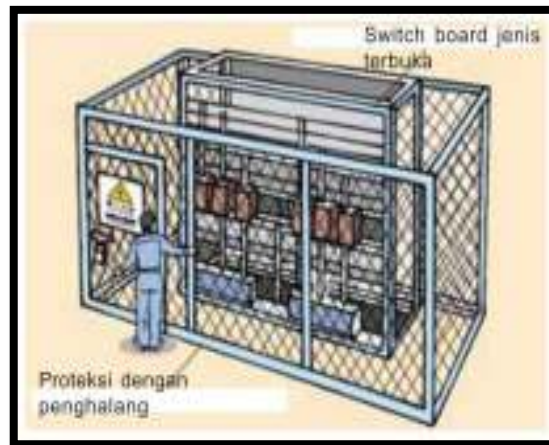




Sumber : Klaus Tkotz, 2006, 328

Gambar 4.10. Pengamanan Dengan Isolasi Pengamanan

- 2) Menghalangi akses atau kontak langsung menggunakan enklosur, pembatas, penghalang. Pembatas dan penghalang alat-alat listrik dapat meminimalisir resiko tersengat listrik akibat sentuhan langsung, sehingga manusia (man) akan lebih terjamin keamanannya.



Sumber : Klaus Tkotz, 2006, 328

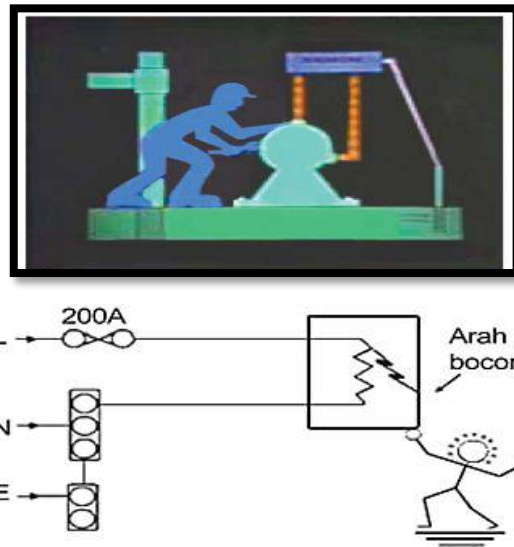
Gambar 4.11. Pengamanan Dengan Pemagaran

- 3) Menggunakan peralatan INTERLOCKING. Peralatan ini biasa dipasang pada pintu-pintu pada ruangan yang di dalamnya terdapat peralatan yang berbahaya. Jika pintu dibuka, semua aliran listrik ke peralatan terputus (door switch).

b. Pengamanan terhadap Tegangan Sentuh (Tidak Langsung)

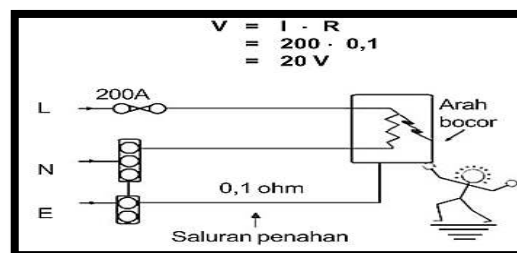
Pentanahan merupakan salah satu cara konvensional untuk mengatasi bahaya tegangan sentuh tidak langsung yang dimungkinkan terjadi pada bagian peralatan yang terbuat dari logam. Untuk peralatan yang mempunyai selungkup/rumah tidak terbuat dari logam tidak memerlukan sistem ini. Agar sistem ini dapat bekerja secara efektif maka baik dalam pembuatannya maupun hasil yang dicapai harus sesuai dengan standar. Ada dua hal yang dilakukan oleh sistem pentanahan, yaitu (1) menyalurkan arus dari bagian-bagian logam peralatan yang teraliri arus listrik liar ke tanah melalui saluran pentanahan, dan (2) menghilangkan beda potensial antara bagian logam peralatan dan tanah sehingga tidak membahayakan bagi yang menyentuhnya.

Berikut ini contoh potensi bahaya tegangan sentuh tidak langsung dan pengamanannya. Peralatan yang digunakan menggunakan sistem tegangan satu- fasa, dengan tegangan antara saluran fasa (L) dan netral (N) 220 V. Alat tersebut menggunakan sekering 200 A. Bila terjadi arus bocor pada selungkup/ rumah mesin, maka tegangan/ beda potensial antara selungkup mesin dan tanah sebesar 220 V. Tegangan sentuh ini sangat berbahaya bagi manusia. Bila selungkup yang bertegangan ini tersentuh oleh orang maka akan ada arus yang mengalir ke tubuh orang tersebut.



Gambar 4.12. Kondisi Tegangan Sentuh Pada Mesin

Pengamanan dari tegangan sentuh dilakukan dengan membuat saluran pentanahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.12. Saluran pentanahan ini harus memenuhi standar keselamatan, yakni mempunyai tahanan pentanahan tidak lebih dari 0,1 Ohm. Jika tahanan saluran pentanahan sebesar 0,1 Ohm, dan arus kesalahan 200 A, maka kondisi tegangan sentuh akan berubah menjadi:



Gambar 4.13. Saluran Pentanahan Sebagai Pengaman Terhadap Tegangan Sentuh

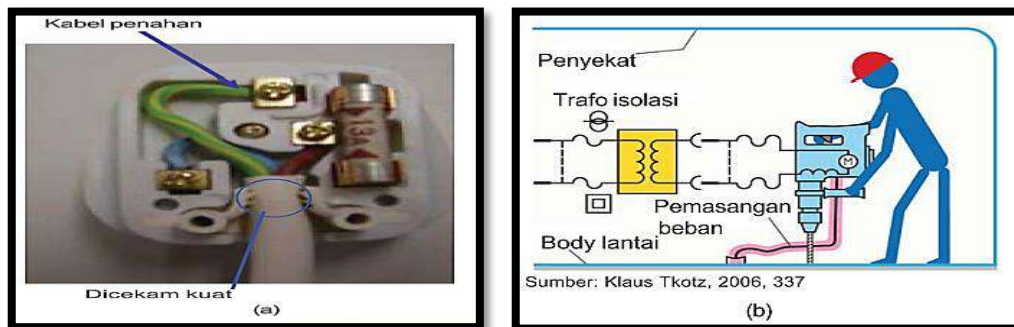
Bila tegangan ini tersentuh oleh orang maka akan mengalir arus ke tubuh orang tersebut maksimum sebesar:

$$I = V / R_k$$

- Kondisi terjelek, $R_k \text{ min} = 200 \text{ } \Omega$, maka
 $I = 20/200$
 $= 0,1 \text{ A atau } 100 \text{ mA}$
- Kondisi terbaik, $R_k \text{ maks} = 1000 \text{ k } \Omega$
maka
 $I = 20 / 1.000.000$
 $= 0,00002 \text{ A atau } 0,02 \text{ mA}$

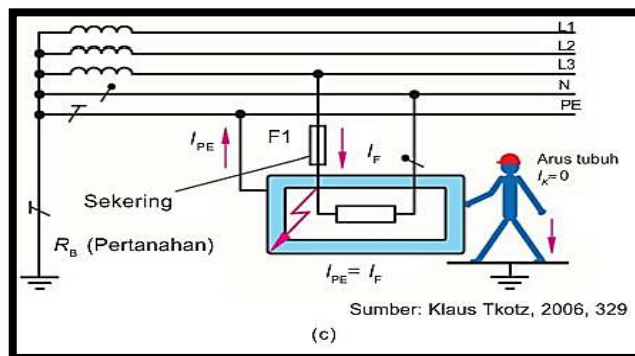
Berdasarkan hasil perhitungan ini terlihat demikian berbedanya tingkat bahaya tegangan sentuh antara yang tanpa pentanahan dan dengan pentanahan. Dengan saluran pentanahan peralatan jauh lebih aman. Karena itu pulalah, saluran pentanahan ini juga disebut saluran pengaman. Walaupun begitu, untuk menjamin keefektifan saluran pentanahan, perlu diperhatikan bahwa sambungan-sambungan harus dilakukan secara sempurna.

Setiap sambungan harus disekrup secara kuat agar hubungan kelistrikannya bagus guna memberikan proteksi yang baik. Kabel dicekam kuat agar tidak mudah tertarik sehingga kabel dan sambungan tidak mudah bergerak. Dengan kondisi sambungan yang baik menjamin koneksi pentanahan akan baik pula dan bisa memberikan jaminan keselamatan bagi orang-orang yang mengoperasikan peralatan yang sudah ditanahkan.



(a) Koneksi kabel

(b) Hubungan alat dan pengguna



(c) Aliran arus

Gambar 4.14. Pengawatan Kabel Pentanahan

8. Alat Proteksi Otomatis

Pada saat ini sudah banyak dijumpai alat-alat proteksi otomatis terhadap tegangan sentuh. Peralatan ini tidak terbatas pada pengamanan manusia dari sengatan listrik, namun berkembang lebih luas untuk pengamanan dari bahaya kebakaran.

a. Jenis-Jenis Alat Proteksi Otomatis

Jenis-jenis alat proteksi yang banyak dipakai, antara lain adalah: Residual Current Device (RCD), Earth Leakage Circuit Breaker (ELCB) dan Ground Fault Circuit Interruptor (GFCI). Walaupun berbeda-beda namun secara prinsip adalah sama. Yakni, alat ini akan bekerja/aktif bila mendeteksi adanya arus bocor ke tanah. Karena kemampuan itulah, arus bocor ini dianalogikan dengan arus sengatan listrik yang mengalir pada tubuh manusia.

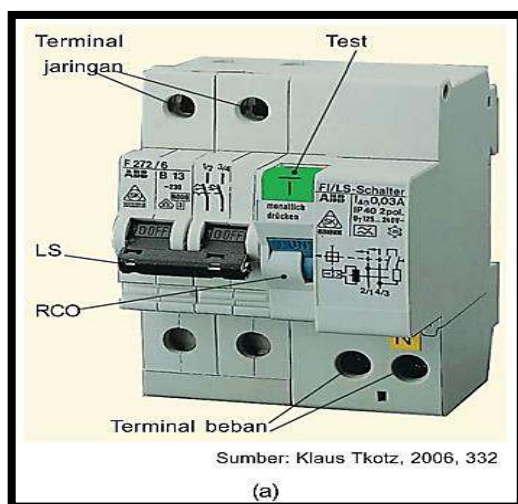
b. Prinsip Kerja Alat Pengaman Otomatis

Perangkat Instalasi Listrik (Gawai) yang berfungsi mendeteksi terjadinya arus listrik dalam keadaan tidak seimbang antara penghantar fasa dan netral yang disebabkan arus lebih dan/atau arus bocor melalui kontak badan adalah RCD. Gambar 4.15 menunjukkan gambaran fisik sebuah Residual Current Device (RCD) untuk sistem fasa tunggal dan diagram skemanya. Prinsip kerja Residual Current Device (RCD) dapat dijelaskan sebagai berikut. Perhatikan gambar diagram skematik Gambar 4.15 (b).

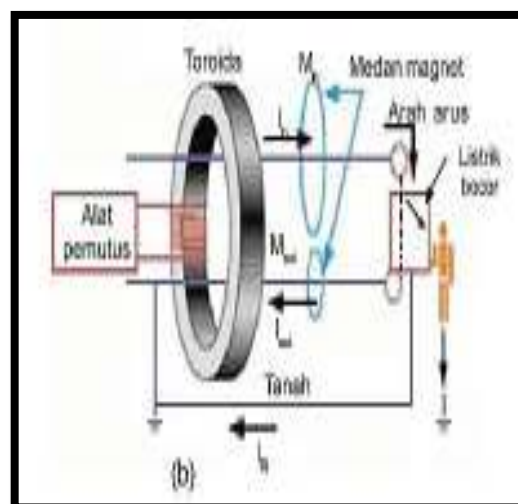
- Iin : arus masuk
- Iout : arus keluar
- IR1 : arus residual yang mengalir ke tubuh
- IR2 : arus residual yang mengalir ke tanah
- Min : medan magnet yang dibangkitkan oleh arus masuk
- Mout : medan magnet yang dibangkitkan oleh arus keluar.

Dalam keadaan terjadi arus bocor:

- 1) Arus keluar lebih kecil dari arus masuk, $I_{out} < I_{in}$;
- 2) Arus residu mengalir keluar setelah melalui tubuh manusia atau tanah;
- 3) Karena $I_{in} > I_{out}$ maka $M_{in} > M_{out}$
- 4) Akibatnya, akan timbul ggl induksi pada koil yang dibelitkan pada toroida;
- 5) GGL induksi mengaktifkan peralatan pemutus rangkaian.



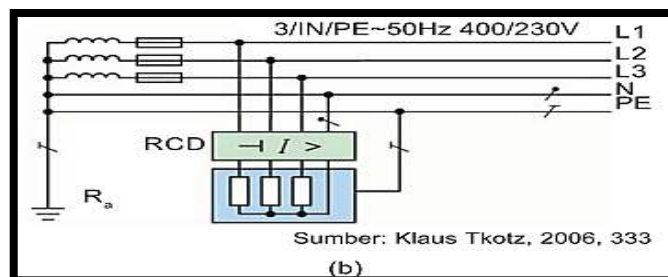
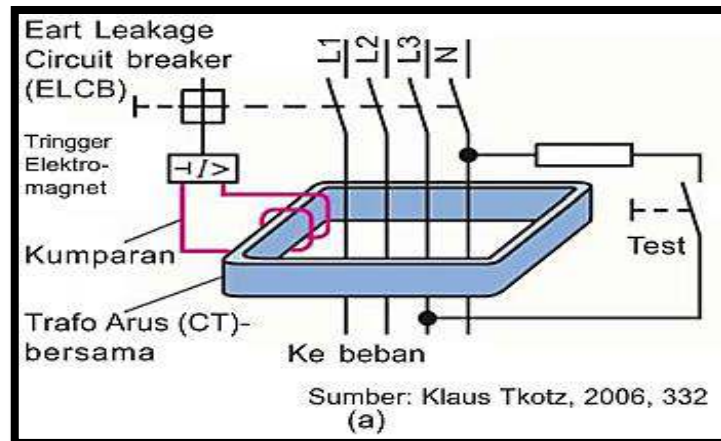
(a) Gambaran fisik RCD



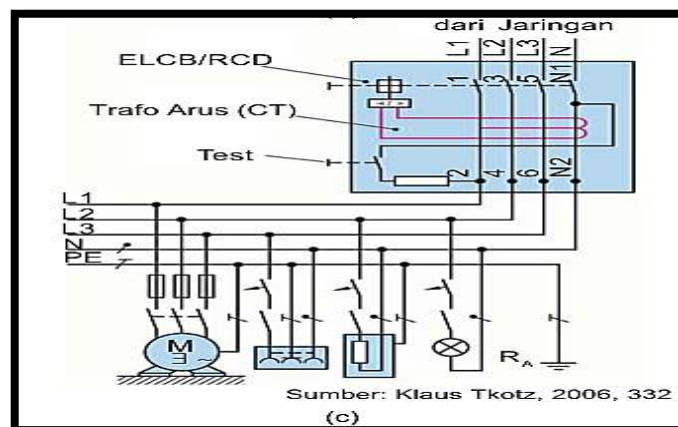
(b) Diagram skematik RCD

Gambar 4.15. Contoh Pengaman Otomatis

Skema diagram untuk sistem tiga fasa ditunjukkan pada Gambar 4.16. Prinsip kerja pengaman otomatis untuk sistem tiga fasa ditunjukkan pada Gambar 4.16 (a). Bila tidak ada arus bocor (ke tanah atau tubuh manusia) maka jumlah resultan arus yang mengalir dalam keempat penghantar sama dengan nol. Sehingga trafo arus (CT) tidak mengalami induksi dan trigger elektromagnet tidak aktif. Dalam hal ini tidak terjadi apa-apa dalam sistem. (a) Diagram rangkaian:



(b) Pemasangan pada beban (lokal)



(c) Pemasangan Terpusat

Gambar 4.16. RCD/ELCB Fasa-Tiga

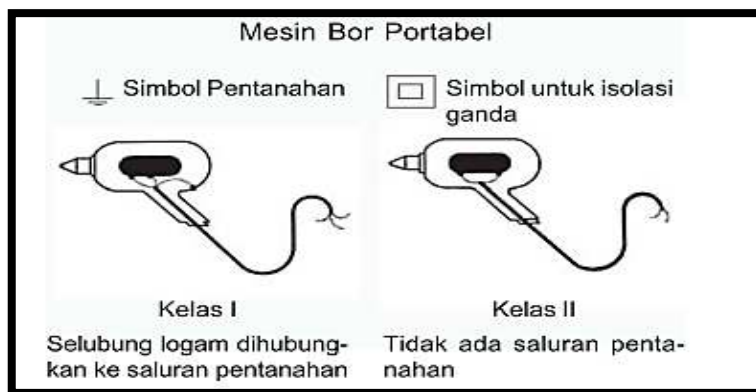
Namun sebaliknya, bila ada arus bocor, maka jumlah resultan arus tidak sama dengan nol, CT menginduksikan tegangan dan mengaktifkan trigger sehingga alat pemutus daya ini bekerja memutuskan beban dari sumber (jaringan). Gambar 4.16 (b) dan (c) memperlihatkan pemakaian CRD/ELCB. Bila pengamanan untuk satu jenis beban saja maka RCD dipasang pada saluran masukan alat saja.

Sedangkan bila pengamanan untuk semua alat/beban dan saluran, maka alat pengaman dipasang pada sisi masukan/sumber semua beban. Mana yang terbaik, tergantung dari apa yang diinginkan. Kalau keinginan pengamanan untuk semua rangkaian, Gambar 4.16 (c) yang dipilih. Namun perlu dipertimbangkan aspek ekonomisnya, karena semakin besar kapasitas arus yang harus dilayani maka harga alat akan semakin mahal pula walaupun batas arus keamanan (bocor) yang sama.

Untuk alat-alat yang dipasang di meja, cukup dengan arus pengamanan $DIn=30$ mA. Untuk alat-alat yang pemakaiannya menempel ke tubuh (bath tube, sauna, alat pemotong jenggot, dan lain-lain) digunakan alat pengaman dengan arus lebih rendah, yaitu $DIn=10$ mA. Untuk pengamanan terhadap kebakaran (pemasangan terpusat) dipasang dengan $DIn=500$ mA.

9. Pengamanan pada Peralatan Portabel

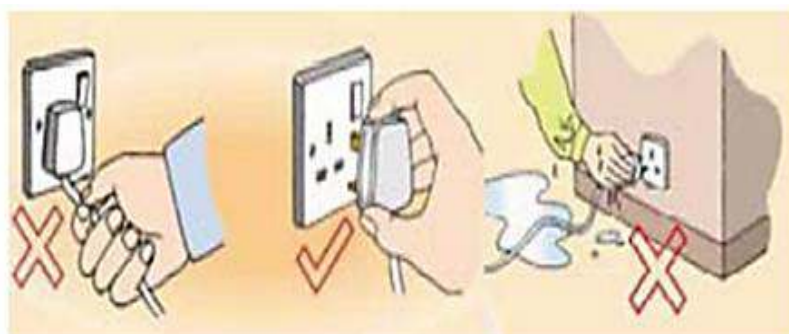
Metode pengamanan peralatan listrik portabel dibedakan menjadi dua kelas, yaitu Alat Kelas I dan Kelas II. Sedangkan untuk alat-alat mainan dikategorikan alat Kelas III. Alat Kelas I adalah alat listrik yang pengamanan terhadap sengatan listrik menggunakan saluran pentanahan (grounding). Alat ini mempunyai selungkup (casing) yang terbuat dari logam. Alat Kelas II adalah alat listrik yang mempunyai isolasi ganda, di mana selungkup atau bagian-bagian yang tersentuh dalam pemakaiannya terbuat dari bahan isolasi. Pada alat kelas ini tidak diperlukan saluran pentanahan. Berikut ini adalah contoh alat yang termasuk Kelas I dan Kelas II.



Gambar 4.17. Contoh Klasifikasi Pengamanan Alat Portable

10. Prosedur Keselamatan Umum

- Hanya orang-orang yang berwenang dan berkompeten yang diperbolehkan bekerja pada atau di sekitar peralatan listrik.
- Menggunakan peralatan listrik sesuai dengan prosedur (jangan merusak atau membuat tidak berfungsinya alat pengaman). Gambar 4.18 contoh penggunaan alat listrik



Gambar 4.18. Contoh Penggunaan Alat Listrik

- Jangan menggunakan tangga logam untuk bekerja di daerah instalasi listrik, lihat gambar 4.19.



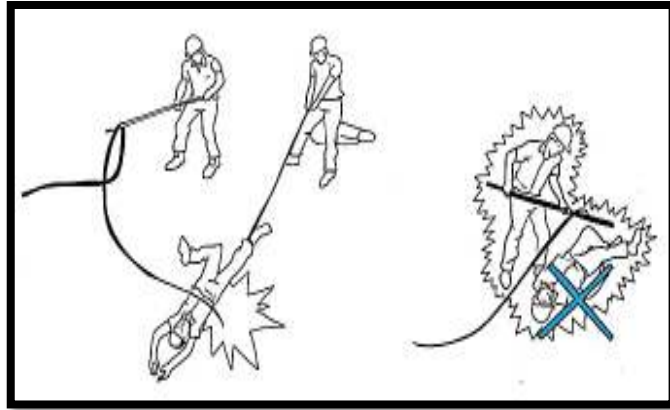
Gambar 4.19. Penggunaan Tangga Di Daerah Instalasi Listrik

d. Pelihara alat dan sistem dengan baik seperti contoh gambar 4.20 dibawah.



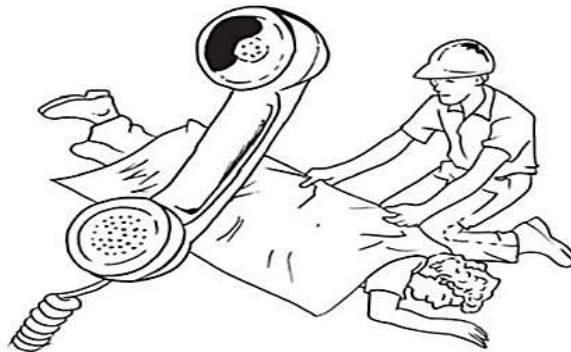
Gambar 4.20. Inspeksi Kondisi Peralatan

- e. Menyiapkan langkah-langkah tindakan darurat ketika terjadi kecelakaan.
- 1) Prosedur shut-down: tombol pemutus aliran listrik (emergency off) harus mudah diraih.
 - 2) Pertolongan pertama pada orang yang tersengat listrik.
- f. Pertolongan pertama pada orang yang tersengat listrik
- 1) Korban harus dipisahkan dari aliran listrik dengan cara yang aman sebelum dilakukan pertolongan pertama.



Gambar 4.21. Pemisahan Si Korban Dari Aliran Listrik

- 2) Hubungi bagian yang berwenang untuk melakukan pertolongan pertama pada kecelakaan. Pertolongan pertama harus dilakukan oleh orang yang berkompeten.



Gambar 4.22. Tindakan Pertolongan Pertama

11. Prosedur Keselamatan Khusus

a. Prosedur Lockout/Tagout

Prosedur ini merupakan prosedur keselamatan khusus yang diperlukan ketika bekerja untuk melakukan pemeliharaan/perbaikan pada sistem peralatan listrik secara aman, dengan tujuan:

- 1) Mencegah adanya release baik secara elektrik maupun mekanik yang tidak disengaja yang membahayakan orang yang sedang melakukan pekerjaan pemeliharaan dan atau perbaikan,
- 2) Memisahkan/memutuskan dari aliran listrik.

Langkah-langkah prosedur ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Buat rencana lockout/tagout.
- 2) Beri tahu operator dan pengguna lainnya rencana pemutusan aliran listrik.
- 3) Putuskan aliran pada titik yang tepat.



Gambar 4.23. Titik Pemutusan Aliran Listrik

- 4) Periksa apakah tim/pekerja telah menggantungkan padlocksnya pada titik lockout.
- 5) Letakkan tulisan “perhatian” pada titik lockout.
- 6) Lepaskan energi sisa/tersimpan (baterai kapasitor, per).
- 7) Pastikan bahwa peralatan/sistem tidak beraliran listrik.



Gambar 4.24. Penandaan Alat Yang Diperbaiki

- 8) Semua anggota tim/ pekerja mengambil padlocknya kembali setelah pekerjaan selesai.



Gambar 4.25. Tanda Pekerjaan Selesai

b. Bahaya Kebakaran dan Peledakan

Banyak peristiwa kebakaran dan peledakan sebagai akibat dari kesalahan listrik. Peristiwa ini memberikan akibat yang jauh lebih fatal dari pada peristiwa sengatan listrik, karena akibat yang ditimbulkannya biasanya jauh lebih hebat. Akibat ini tidak terbatas pada jiwa namun juga pada harta benda. Lebih-lebih lagi bila melibatkan zat-zat berbahaya, maka tingkat bahayanya juga akan merusak lingkungan. Oleh karena itu, peristiwa semacam ini harus dicegah.



Gambar 4.26. Bahaya Kebakaran dan Peledakan

1) Penyebab Kebakaran dan Pengamanan

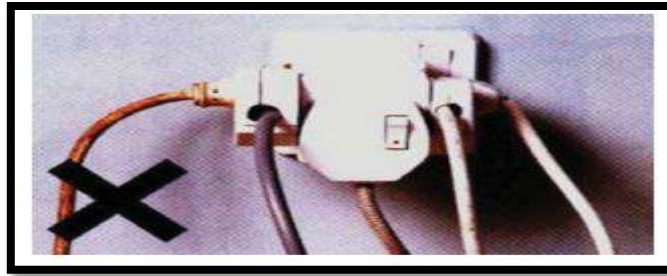
- a) Ukuran kabel yang tidak memadai. Salah satu faktor yang menentukan ukuran kabel atau penghantar adalah besar arus nominal yang akan dialirkan melalui kabel/penghantar tersebut sesuai dengan lingkungan pemasangannya, terbuka atau tertutup. Dasar pertimbangannya adalah efek pemanasan yang dialami oleh penghantar tersebut jangan melampaui batas.

Bila kapasitas arus terlampaui maka akan menimbulkan efek panas yang berkepanjangan yang akhirnya bisa merusak isolasi dan atau membakar benda-benda sekitarnya. Agar terhindar dari peristiwa kapasitas lebih semacam ini maka ukuran kabel harus disesuaikan dengan peraturan instalasi listrik.



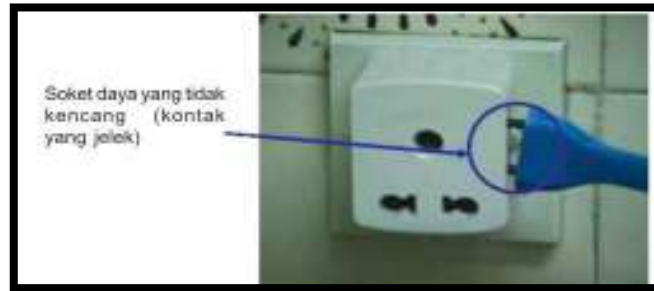
Gambar 4.27. Ukuran Kabel

- b) Penggunaan adaptor atau stop kontak yang salah. Yang dimaksudkan di sini adalah penyambungan beban yang berlebihan sehingga melampaui kapasitas stop-kontak atau kabel yang mencatu dayanya.



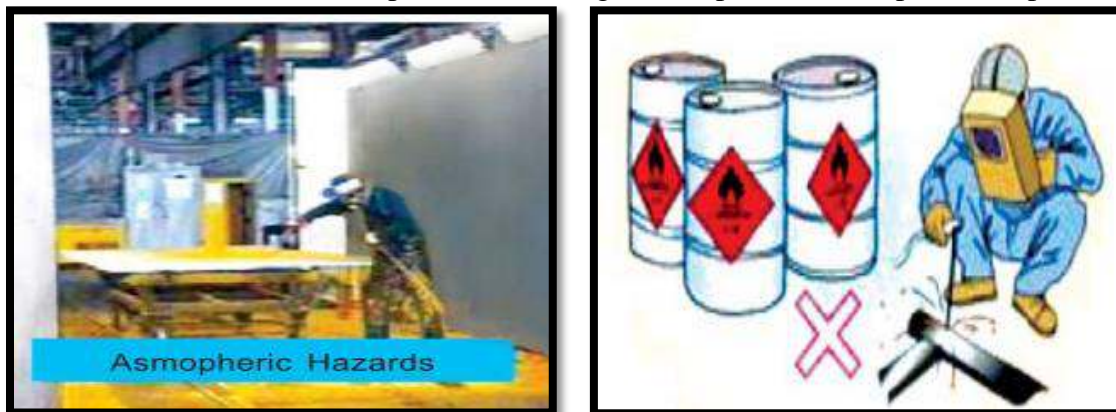
Gambar 4.28. Pemakaian Stop-Kontak Yang Bertumpuk-Tumpuk

- c) Instalasi kontak yang jelek.



Gambar 4.29. Koneksi Yang Kendor

- d) Percikan bunga api pada peralatan listrik atau ketika memasukkan dan mengeluarkan soket ke stop kontak pada lingkungan kerja yang berbahaya di mana terdapat cairan, gas atau debu yang mudah terbakar.
e) Untuk daerah-daerah seperti ini harus digunakan peralatan anti percikan api.

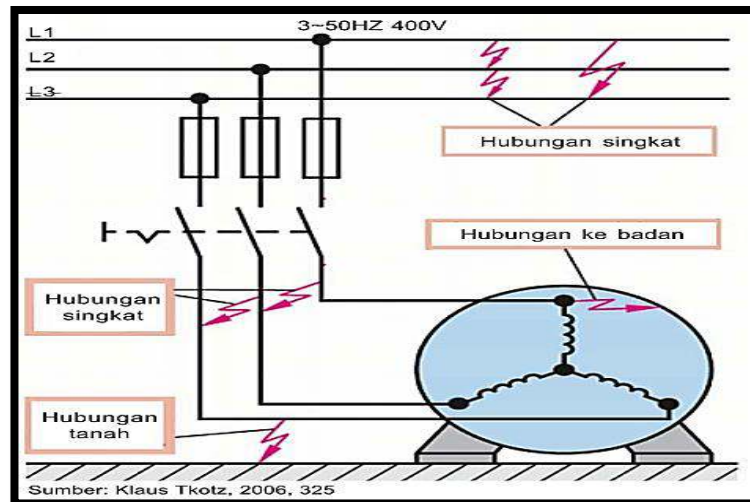


Gambar 4.30. Lingkungan Kerja Yang Sangat Berbahaya

2) Kondisi abnormal sistem kelistrikan

Gambar 4.31 mengilustrasikan arus kesalahan (abnormal) yang sangat ekstrim yang bisa jadi menimbulkan kebakaran dan atau peledakan, yaitu:

- Terjadinya hubung singkat antar saluran aktif L1, L2, dan L3.
- Hubung singkat ke tanah (hubung tanah) antara saluran aktif L1, L2, L3 dengan tanah.
- Bila ada kawat netral bisa terjadi hubung singkat antara saluran aktif L1, L2, L3 dengan saluran netral. Untuk mencegah potensi bahaya yang disebabkan oleh kondisi abnormal semacam ini adalah pemasangan alat proteksi yang tepat, seperti sekering, CB, MCB, ELCB, dan alat pengaman lain.



Gambar 4.31. Jenis Arus Kesalahan

c. Macam-Macam Ruang Kerja Listrik

Untuk memilih peralatan atau perlengkapan listrik, harus disesuaikan dengan keadaan ruang kerja listrik. Berdasarkan penggunaannya, ada beberapa beberapa macam ruang kerja listrik antara lain:

- 1) **Ruang kerja listrik pada rumah tangga**, biasanya terdiri dari ruang tamu, ruang keluarga, kamar tidur, dapur, kamar mandi/WC, luar, balkon, garasi, taman.
- 2) **Ruang kerja listrik untuk industri biasa**, pada umumnya terdiri dari ruang tamu/lobi, ruang kerja administrasi, toilet, ruang produksi, tempat parkir, jalan.
- 3) **Ruang berdebu**, industri yang bekerjanya menyebabkan debu antara lain: pabrik pemecah batu, kapur, semen, pabrik tepung dan sebagainya. Peralatan listrik yang digunakan harus tahan terhadap debu. Perlengkapan yang akan digunakan dalam ruang yang berdebu ditandai dengan penandaan untuk kelas A sebagai berikut.
 - a) DIP (Dust Ignition Protection), diikuti dengan A untuk kelas A, kemudian diikuti dengan 21 dan 22 untuk menyatakan zona dimana perlengkapan boleh ditempatkan.
 - b) Untuk perlengkapan kelas B digunakan penandaan yang sama, hanya dengan mengganti tanda A dengan B.
 - c) Untuk semua perlengkapan, maka suhu maksimum yang diijinkan dicantumkan pada selengkap.
 - d) Semua perlengkapan yang ditempatkan dalam Zona 21 dan 22 harus memenuhi ketentuan dalam publikasi IEC.

Suhu maksimum permukaan yang diijinkan adalah suhu tertinggi pada permukaan perlengkapan listrik yang boleh dicapai dalam penggunaan untuk menghindari penyalaan. Zona 21 adalah suatu ruang di mana terdapat atau mungkin terdapat debu yang mudah terbakar berupa kabut, selama proses normal, pengerjaan, atau operasional pembersihan, dalam jumlah yang cukup untuk dapat menyebabkan terjadinya konsentrasi yang dapat meledak dari debu yang mudah terbakar atau menyala jika bercampur dengan udara.

Zona 22 adalah suatu ruang yang tidak diklasifikasikan sebagai Zona 21, dimana kabut debu mungkin terjadi tidak terus menerus, dan muncul hanya dalam waktu singkat atau di mana terdapat pengumpulan atau penumpukan debu yang

mudah terbakar dalam kondisi abnormal, dan menimbulkan peningkatan campuran debu yang dapat menyala di udara. Perlengkapan kedap debu kelas A, selungkup harus memenuhi syarat IP 6X. Perlengkapan yang dilindungi terhadap debu kelas A, selungkup harus memenuhi persyaratan untuk IP 5X. Perlengkapan kedap debu kelas B, perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IEC. Perlengkapan kedap debu kelas B, Perlengkapan harus sesuai dengan persyaratan IE.

4) Ruang kerja listrik untuk industri yang mengandung gas, bahan atau debu yang korosif

Industri yang bekerjanya menggunakan gas dan rawan terhadap bahaya kebakaran dan ledakan antara lain : pabrik penyulingan minyak, pabrik pengolahan bahan bakar minyak dan sebagainya. Selain itu, mesin, pesawat, dan penghantar listrik serta pelindung yang bersangkutan harus di desain, dilindungi, dipasang dan dihubungkan sedemikian rupa sehingga tahan terhadap pengaruh yang rusak dari bahan, debu, atau gas yang korosif itu.

5) Ruang kerja listrik terkunci

- a) Dalam ruang kerja listrik terkunci tidak boleh dipasang mesin, pesawat, instrumen ukur dan perlengkapan lain, yang setiap hari berulang kali secara teratur dilayani, diamati, atau diperiksa ditempat.
- b) Bila ada penerangan lampu, lampu itu harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dinyalakan dari tempat yang berdekatan dengan jalan masuk utama dan harus memberi penerangan yang cukup.
- c) Pintu jalan masuk ke ruang kerja listrik terkunci harus diatur sedemikian rupa sehingga memenuhi syarat sebagai berikut.
 - (1) Semua pintu harus membuka keluar
 - (2) Semua pintu harus dapat dibuka dari luar dengan menggunakan anak kunci.
 - (3) Semua pintu harus dapat dibuka dari dalam tanpa menggunakan anak kunci.

6) Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik

- a) Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik seperti pada ruang kerja listrik.
- b) Untuk instalasi pasangan tetap berlaku juga ketentuan yang disyaratkan untuk instalasi dalam ruang kerja listrik pada umumnya.
- c) Ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik tidak boleh berdebu, harus bebas bahaya kebakaran atau ledakan, serta tidak boleh lembap.
- d) Dalam pabrik dan bengkel, ruang uji bahan listrik dan laboratorium listrik harus dipisahkan dari instalasi lain pabrik atau bengkel dengan baik dan tepat.
- e) Pada pintu masuk harus dipasang papan tanda peringatan larangan masuk bagi orang yang tidak berwenang.
- f) Harus dicegah orang yang tidak berwenang masuk kedalam ruang instalasi listrik tegangan menengah.

7) Ruang sangat panas

- a) Untuk instalasi listrik dalam ruang sangat panas berlaku ketentuan (ruang lembap) kecuali jika ditetapkan lain.
- b) Pada tempat yang bersuhu demikian tingginya sehingga ada kemungkinan bahan isolasi dan pelindung penghantar pasangan normal akan terbakar, meleleh, atau lumer, harus diperhatikan ketentuan berikut:
 - (1) Hanya armatur penerangan, pesawat pemanas dan alat perlengkapan lainnya beserta penghantar yang bersangkutan itu saja yang boleh dipasang di tempat itu.

- (2) Sebagai penghantar dapat dipakai penghantar regang pada isolator dengan jarak titik tumpu maksimum 1 meter, atau kabel jenis tahan panas yang sesuai untuk suhu ruang itu.
- (3) Pada tempat dengan bahaya kerusakan mekanis, penghantar telanjang harus seluruhnya dilindungi dengan selungkup logam yang kuat, atau dengan alat yang sama mutunya untuk mencegah bahaya sentuhan.

8) Ruang radiasi

a) Ruang sinar X

- (1) Seluruh permukaan lantai tempat perlengkapan sinar X berdiri harus dilapisi bahan isolasi (sesuai dengan IEC).
- (2) Pada seluruh bagian logam yang tidak bertegangan dari perlengkapan sinar X harus dipasang penghantar proteksi yang baik.
- (3) Sakelar harus mudah dicapai dan dikenal dengan jelas.
- (4) Kabel fleksibel yang digunakan harus dari jenis pemakaian kasar dan berat atau dari jenis berselubung logam yang fleksibel.

b) Ruang radiasi tinggi

- (1) Semua instalasi perlengkapan panel pengatur harus dipasang di luar ruang beradiasi.
- (2) Untuk instalasi berlaku persyaratan dalam

c) Ruang Mikroskop Elektron

- (1) Peraturan mengenai instalasi dalam ruang mikroskop elektron akan ditetapkan oleh instansi yang berwenang.

9) Sel Radioaktif

Sel radioaktif ialah suatu ruang untuk menyimpan, mengolah, membentuk, atau memproses bahan radioaktif.

- a) Semua lampu dalam sel radioaktif harus dipasang dalam jarak jangkauan dari manifoldator.
- b) Semua lampu sedapat mungkin harus tertanam di dinding dan ditutup dengan tutup yang tembus cahaya sedemikian rupa sehingga mudah dilepas hanya dengan menggunakan manifoldator yang ada.
- c) Semua lampu harus diletakkan sedemikian rupa sehingga dapat dilihat dari jendela pelindung.
- d) Semua kabel harus dipasang dalam pipa dan ditanam dalam tembok (dinding sel) minimum sedalam 1cm dari permukaan dinding.
- e) Semua lampu harus dapat dilayani dari luar sel.
- f) Semua kotak kontak yang ada di dalamnya harus dapat dilihat dari jendela pelindung.
- g) Dalam ruang di daerah panas sekitar sel radioaktif yang mengandung udara radioaktif, semua pipa instalasi listrik sedapat mungkin harus ditanam dalam tembok. Kabel yang ada dilangit-langit supaya ditunjang dengan baik dengan ketinggian minimum 3 meter.
- h) Semua permukaan sakelar, tusuk kontak, dan kotak kontak harus terdiri dari bahan yang tidak mudah terbakar, harus licin, kuat dan tanpa lekukan yang tajam. Pemasangan dalam dinding harus rata dalam satu bidang.

(1) Ruang Gamma

Ruang gamma ialah suatu daerah radiasi untuk penelitian dan proses dengan menggunakan sinar gamma.

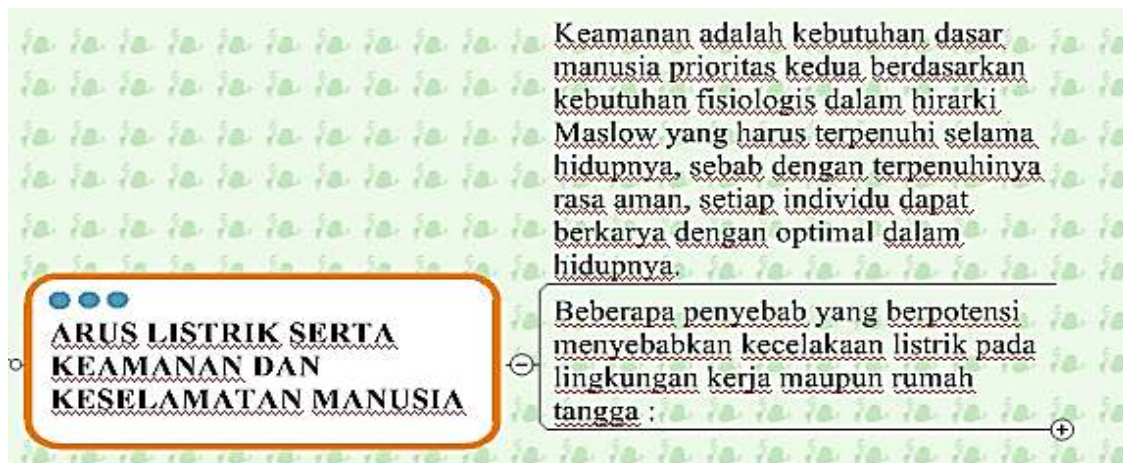
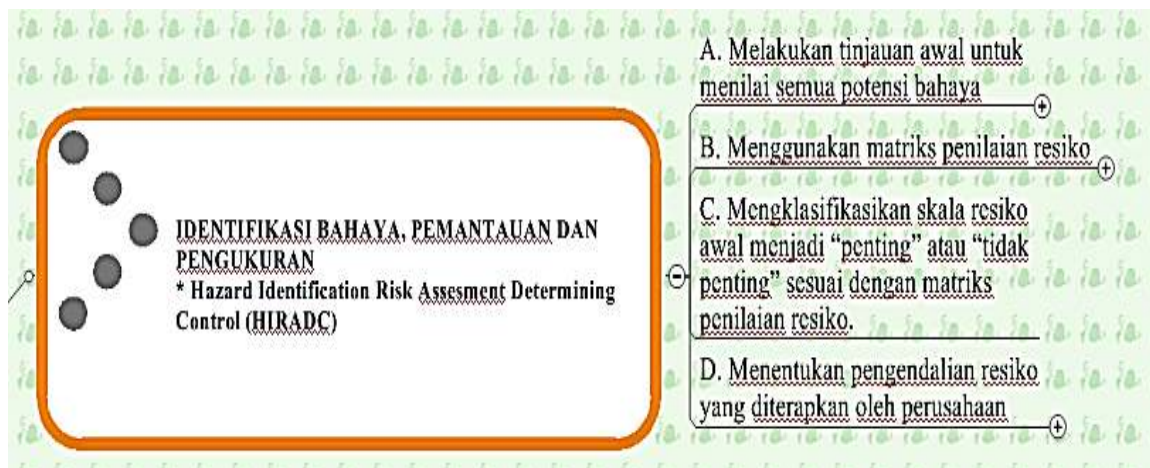
- Semua alat pelayanan instalasi listrik dan operatornya harus berada dalam ruang tersendiri, di luar daerah ruang gamma.
- Penghantar yang digunakan harus tahan terhadap radiasi (proses radiasi X-link).
- Pemasangan dalam dinding harus berbelok-belok sehingga sinar gamma tidak mudah tembus.
- Lampu penerangan harus tahan terhadap sinar gamma, misalnya lampu halogen.

(2) Ruang Linac (Linear Accelerator)

Linac ialah alat guna mempercepat partikel secara linier. Semua instalasi listrik yang dipasang dalam ruang linac harus memenuhi persyaratan untuk ruang lembab.

- (3) Ruang Neutron,** Semua perlengkapan listrik yang dipasang dalam ruang neutron harus memenuhi syarat untuk ruang ini. Kabel yang digunakan harus dari jenis yang tahan terhadap pengaruh sinar neutron

Gambar 4.32. Mind Mapping



A. Pasal 3 Ayat 1 UU No. 1 Tahun 1970 tentang keselamatan kerja mengatur tentang syarat-syarat dan sanksi yang diberlakukan bagi perusahaan untuk mengimplementasikan K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) menyatakan dengan jelas keharusan untuk memberikan jaminan keselamatan pekerja dalam bentuk pencegahan terkena aliran listrik yang berbahaya.

B. Tindakan pencegahan ini tentunya dapat mengurangi biaya jaminan sosial tenaga kerja (Jamsostek) yang nantinya harus diberikan kepada korban jika terjadi kecelakaan. Pencegahan kecelakaan oleh arus listrik, selain melalui pelatihan, training, informasi, instruksi, safety induction, manual, handbook, maupun buku saku, juga perlu diimplementasikan juga berbagai peralatan pencegahnya, seperti alat yang dapat mencegah terjadinya kecelakaan listrik, baik kesetrum atau kebakaran.

PERLINDUNGAN TENAGA KERJA

- + 1.1 Pendahuluan
- + 1.2 Bahaya Listrik
- + 1.3 Bahaya Listrik bagi Manusia
- + 1.4 Bahaya Kebakaran dan Peledakan
- + 1.5 Macam-Macam Ruang Kerja Listrik

BAHAYA LISTRIK DAN SISTEM PENGAMANANNYA

BAB V STANDARISASI K3 KELISTRIKAN

A. Penetapan Lingkungan Kerja Yang Aman

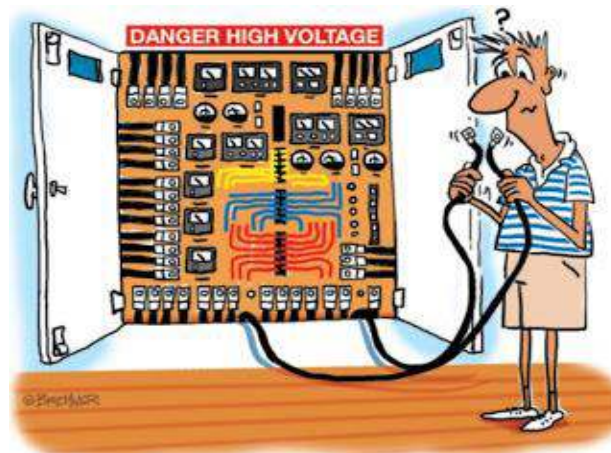
Dalam lingkungan tempat kerja tentu terdapat banyak peralatan-peralatan yang menggunakan sumber listrik. Bahkan sumber listrik yang digunakan dengan kapasitas yang besar. Untuk itu pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja harus benar-benar diperhatikan dan dilaksanakan, karena apabila pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja diabaikan akan sangat berbahaya bagi para pekerja, perusahaan dan lingkungan disekitar tempat kerja.

Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah salah satu upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat, bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat mengurangi bahkan bebas dari kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja. Kecelakaan kerja tidak saja menimbulkan korban jiwa maupun kerugian materi bagi pekerja dan pengusaha, tetapi juga dapat mengganggu proses produksi secara menyeluruh, merusak lingkungan yang akan berdampak pada masyarakat luas. Untuk itu setiap tempat kerja harus melaksanakan upaya kesehatan kerja, agar tidak terjadi gangguan kesehatan pada pekerja, keluarga, masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Salah satunya yaitu dengan memasang proteksi untuk keselamatan di tempat kerja. Proteksi untuk keselamatan sangat menentukan sebagai persyaratan terpenting untuk melindungi manusia dan peralatan yang ada di tempat kerja. Proteksi tersebut yaitu:

1. Proteksi dari kejut listrik.
2. Proteksi dari efek termal.
3. Proteksi dari arus lebih.
4. Proteksi dari tegangan lebih, khususnya akibat petir.
5. Proteksi dari tegangan kurang.
6. Pemisahan dan penyakelaran.

Tindakan proteksi ini dapat diterapkan pada seluruh instalasi, pada sebagian instalasi atau pada suatu perlengkapan, khususnya terhadap bahaya kejut listrik. Bahaya kejut listrik dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

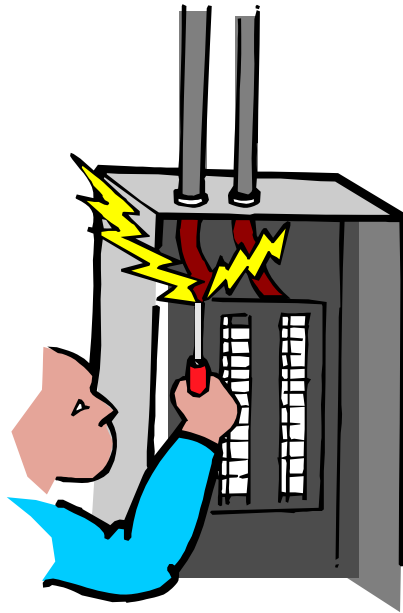
1. **Sentuhan Secara Langsung**, adalah bahaya sentuhan pada bagian konduktif yang secara normal bertegangan.



Gambar 5.1 Perbaikan Instalasi Listrik

Cara mengatasi bahaya sentuh langsung yaitu dengan cara :

- a. Proteksi dengan isolasi bagian aktif.
 - b. Proteksi dengan penghalang atau selungkup.
 - c. Proteksi dengan rintangan.
 - d. Proteksi dengan penempatan di luar jangkauan.
 - e. Proteksi tambahan dengan Gawai Proteksi Arus Sisa (GPAS)
2. **Sentuhan Tidak Langsung**, adalah bahaya sentuhan pada bagian konduktif yang secara normal tidak bertegangan, menjadi bertegangan karena terjadi kegagalan isolasi.



Gambar 5.2. Bahaya Sentuhan Tidak Langsung

Cara mengatasi bahaya sentuhan tak langsung yaitu dengan cara :

- a. Proteksi dengan pemutusan suplai secara otomatis.
- b. Proteksi dengan penggunaan perlengkapan kelas II atau dengan isolasi ekivalen.
- c. Proteksi dengan lokasi tidak konduktif.
- d. Proteksi dengan ikatan penyama potensial lokal bebas bumi.
- e. Proteksi dengan separasi listrik.

Selain itu bahaya yang ada di tempat kerja adalah kebakaran. Kebakaran dapat terjadi karena disebabkan oleh:

- a. Pembebanan lebih.
- b. Sambungan tidak sempurna.
- c. Perlengkapan tidak standar.
- d. Pembatas arus tidak sesuai.
- e. Kebocoran isolasi.
- f. Listrik statik.
- g. Sambaran petir.

Selain memasang proteksi, pada tempat kerja juga harus di beri fasilitas P3K. Sehingga apabila sewaktu-waktu terjadi kecelakaan kerja dapat langsung diobati. Berikut ini fasilitas P3K yang harus tersedia di tempat kerja:

1. Fasilitas P3K di Tempat Kerja meliputi:

- a. Ruang P3K.
- b. Kotak P3K dan isi.
- c. Alat evakuasi dan alat transportasi.

- d. Fasilitas tambahan berupa alat pelindung diri dan/atau peralatan khusus di tempat kerja yang memiliki potensi bahaya yang bersifat khusus.
2. **Alat pelindung diri khusus:** peralatan yang disesuaikan dengan potensi bahaya yang ada di tempat kerja yang digunakan dalam keadaan darurat.
 3. **Peralatan khusus:** alat untuk pembasahan tubuh cepat (shower) dan pembilasan/pencucian mata.

Berikut ini persyaratan kotak P3K di tempat kerja:

1. Apabila tempat kerja dengan unit kerja berjarak 500 meter atau lebih, masing-masing unit kerja harus menyediakan kotak P3K sesuai jumlah tenaga kerja.
2. Apabila tempat kerja berada pada lantai yang berbeda di gedung bertingkat, maka masing-masing unit kerja harus menyediakan kotak P3K sesuai jumlah tenaga kerja.

Tabel 5.1. Rasio Jumlah Petugas P3K Di Tempat Kerja Dengan Jumlah Pekerja Berdasarkan Klasifikasi Tempat Kerja

Klasifikasi Tempat Kerja	Jumlah Pekerja	Jumlah Petugas P3K
Tempat kerja dengan potensi bahaya rendah	25 – 150 orang	1 orang
	150	1 orang untuk setiap 150 orang atau kurang
Tempat kerja dengan potensi bahaya tinggi	25 – 100	1 orang
	100	1 orang untuk setiap 100 orang atau kurang

Tabel 5.2. Jumlah dan Tipe Kotak P3K

Jumlah Pekerja	Tipe Kotak P3K	Jumlah Kotak Tiap 1 Unit Kerja
Kurang 25	A	1 kotak A
26 s.d 50	A/B	1 kotak B atau 2 kotak A
51 s.d 100	A/B/C	1 kotak C atau, 2 kotak B atau, 4 kotak A atau, 1 kotak B dan 2 kotak A
Setiap 100	A/B/C	1 kotak C atau, 2 kotak B atau, 4 kotak A atau, 1 kotak B dan 2 kotak A

Catatan :1 kotak B setara dengan 2 kotak A, 1 kotak C setara dengan 2 kotak B.

B. Tanggung Jawab Pekerja dan Peralatan

Pada saat ini karyawan dipandang sebagai salah satu aset perusahaan yang penting dan harus dikembangkan untuk mendukung kemajuan perusahaan. Ditinjau dari pemberdayaan dan pengelolaan sumber daya manusia, perusahaan perlu menciptakan lingkungan yang kondusif, imbalan yang layak dan adil, beban kerja yang sesuai dengan keahlian karyawan, sikap dan perilaku dari manajer untuk membentuk kepuasan karyawan.

Kepuasan karyawan menjadi penting karena merupakan salah satu kunci pendorong moral dan disiplin serta kinerja karyawan yang akan berpengaruh terhadap kualitas pelayanan dalam upaya mewujudkan sasaran perusahaan. Untuk itu perusahaan hendaknya memperhatikan kinerja setiap karyawannya. Kinerja yang baik adalah langkah untuk tercapainya tujuan perusahaan itu sendiri. Tetapi itu tidak mudah karena banyak faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya kinerja seseorang.



Berikut ini adalah faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya kinerja seseorang adalah:

1. Motivasi

Merupakan dasar utama bagi seseorang dalam memuaskan dan memenuhi kebutuhannya atau untuk melakukan kegiatan-kegiatan tertentu untuk mencapai suatu tujuan.

2. Kepuasan kerja karyawan

Kepuasan kerja adalah keadaan emosional yang menyenangkan atau tidak dimana para karyawan memandang pekerjaan mereka. Karyawan yang mendapat kepuasan kerja akan melaksanakan pekerjaan dengan lebih baik.

3. Beban Kerja

Beban kerja adalah sejumlah kegiatan yang harus diselesaikan oleh karyawan dalam jangka waktu tertentu. Beban kerja berpengaruh positif terhadap stres kerja. Semakin berat beban kerja yang ditanggung, maka akan semakin besar resiko terkena stres dan kinerjanya akan semakin menurun.

4. Jam Kerja

Jam kerja yang lebih pendek bisa mendatangkan konsekuensi-konsekuensi positif, misalnya seperti meningkatkan kesehatan hidup karyawan dan keluarganya, mengurangi kecelakaan di tempat kerja dan mempertinggi produktivitas. Tetapi jam kerja yang pendek juga memiliki sisi negatif yaitu terutama bagi negara-negara berkembang dan transisi karena bisa menyebabkan pengangguran dan dengan demikian cenderung meningkatkan kemiskinan.

Sampai saat ini tingkat kecelakaan kerja masih sangat tinggi karena masih banyak perusahaan-perusahaan yang belum menerapkan pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan kurangnya pemahaman tentang pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Untuk itu pemerintah mewajibkan setiap perusahaan untuk melaksanakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja untuk menjaga keselamatan dan kesehatan para pekerja, alat dan lingkungan di sekitar perusahaan.

Pemerintah di dalam menjaga keselamatan dan kesehatan kerja karyawan, perusahaan dan lingkungan sekitar mewajibkan untuk peningkatan pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta mengaturnya dalam undang-undang. Untuk itu setiap pekerja mempunyai tanggung jawab untuk memelihara dan menjaga kesejahteraan.

Berikut ini adalah tanggung jawab pekerja dan yang harus dilakukan di tempat kerja berdasarkan undang-undang Republik Indonesia adalah :

1. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 1992

Menyatakan bahwa sudah sewajarnya apabila tenaga kerja juga berperan aktif dan ikut bertanggung jawab atas pelaksanaan program pemeliharaan dan peningkatan kesejahteraan demi terwujudnya perlindungan tenaga kerja dan keluarganya dengan baik. Jadi bukan hanya perusahaan saja yang bertanggung jawab dalam masalah ini, tetapi juga para karyawan harus ikut berperan aktif dalam hal ini agar dapat tercapai kesejahteraan bersama.

2. Undang-Undang No. 13 Tahun 2003

Menyebutkan bahwa setiap pekerja/ buruh berhak untuk memperoleh perlindungan atas:

- a. Keselamatan dan kesehatan kerja
- b. Moral dan kesusilaan
- c. Perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama.

Selain itu pemerintah juga mewajibkan bagi para pekerja untuk menggunakan alat pelindung diri saat berada di tempat kerja. Yang menjadi dasar hukum dari alat pelindung diri ini adalah: Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 Bab IX Pasal 13 tentang Kewajiban Bila Memasuki Tempat kerja yang berbunyi:

“Barangsiapa akan memasuki sesuatu tempat kerja, diwajibkan mentaati semua petunjuk keselamatan kerja dan memakai alat-alat perlindungan diri yang diwajibkan.” Alat pelindung diri adalah kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai kebutuhan untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang lain di sekelilingnya. Yang termasuk alat pelindung diri adalah:

a. Safety Helmet

Alat ini berfungsi sebagai pelindung kepala dari benda yang bisa mengenai kepala secara langsung.

b. Tali Keselamatan (Safety Belt)

Alat ini berfungsi sebagai alat pengaman ketika menggunakan alat transportasi ataupun peralatan lain yang serupa (mobil, pesawat, alat berat atau yang lainnya).

c. Sepatu Karet (Sepatu Boot)

Alat ini berfungsi sebagai alat pengaman saat bekerja di tempat yang becek ataupun berlumpur.

d. Sepatu Pelindung (Safety Shoes)

Alat ini berfungsi untuk mencegah kecelakaan fatal yang menimpa kaki karena tertimpa benda tajam atau berat, benda panas, cairan kimia, atau yang lainnya.

e. Sarung Tangan

Alat ini berfungsi sebagai alat pelindung tangan pada saat bekerja di tempat yang dapat mengakibatkan cedera tangan.

f. Tali Pengaman (Safety Harness)

Alat ini berfungsi sebagai pengaman saat bekerja di ketinggian.

g. Penutup Telinga (Ear Plug/ Ear Muff)

Alat ini berfungsi sebagai pelindung telinga pada saat bekerja di tempat yang bising.

h. Kacamata Pengaman (Safety Glasses)

Alat ini berfungsi sebagai pelindung mata ketika bekerja (misal mengelas).

i. Masker (Respirator)

Alat ini berfungsi sebagai penyaring udara yang dihirup saat bekerja di tempat kerja dengan kualitas udara yang buruk (misal berdebu, beracun, berasap, dan sebagainya).

j. Pelindung Wajah (Face Shield)

Alat ini berfungsi sebagai pelindung wajah dari percikan benda asing saat bekerja (misal pada pekerjaan menggerinda).

k. Jas Hujan (Rain Coat)

Berfungsi melindungi diri dari percikan air saat bekerja (misal bekerja pada saat hujan atau sedang mencuci alat).

Untuk menjamin keselamatan para pekerja, alat dan lingkungan sekitar maka perusahaan harus melaksanakan keselamatan dan kesehatan kerja baik itu di tempat kerja ataupun perlengkapan para pekerjanya. Sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan aman.

BAB VI ASPEK MEDIS TERHADAP BAHAYA KELISTRIKAN

Sengatan listrik atau yang sering disebut setrum merupakan bahaya yang sering terjadi akibat kelalaian manusia. Tersengat listrik atau yang biasa disebut kesetrum adalah peristiwa dimana terdapat aliran listrik yang mengalir pada tubuh kita. Hal ini dapat terjadi karena pada dasarnya tubuh manusia merupakan konduktor yang baik, dimana tubuh manusia sebagian besar merupakan cairan sehingga mampu menghantarkan listrik dengan baik. Arus listrik dapat mengalir karena adanya beda potensial antara kedua titik hubung, dimana arus listrik akan mengalir dari titik yang memiliki tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah.

Pada kasus kesetrum, tubuh kita menjadi penghubung antara peralatan elektronik (tegangan tinggi) dengan tanah/ground (tegangan rendah). Oleh karena itulah arus listrik akan mengalir melalui tubuh kita, hal ini sesuai dengan sifat alami listrik yang akan mencari jalan terdekat menuju bumi (dalam hal ini merupakan tubuh kita). Sebagai contoh saat terjadi petir dimana petir akan menyambar pohon atau bangunan yang lebih tinggi karena itu merupakan jalan terdekat bagi arus listrik untuk sampai ke bumi.



Gambar 6.1. Tersetrum Aliran Listrik

Ketika seseorang tersengat listrik maka terjadi perpindahan elektron secara berantai dari setiap atom yang terpengaruh di tubuhnya. Atom adalah bagian terkecil dari suatu unsur, sedangkan unsur ialah zat tunggal yang tidak dapat diuraikan menjadi zat lain yang lebih sederhana. Atom dalam tubuh manusia berarti bagian terkecil dari unsur-unsur yang menyusun tubuh manusia. Perlu diketahui pula bahwa elektron ialah penyusun atom yang bermuatan negatif. Arus listrik merupakan aliran elektron.

Lampu di rumah-rumah bisa menyala karena ada elektron yang diberi jalan melewati dan memanaskan kawat pijar di dalam bola lampu hingga menyala. Semua arus listrik akan menjalani siklus mulai dari tempat pemberangkatan listrik di pembangkit listrik lalu melewati alat-alat listrik di rumah-rumah, dan kemudian berakhir di tanah/bumi (ground). Seperti yang telah diuraikan pada sub bab sebelumnya bahwa tubuh manusia merupakan konduktor sehingga apabila salah satu anggota tubuh menyentuh listrik dan anggota tubuh lain menyentuh tanah (ground), maka akan mengalir arus listrik melalui tubuh. Tubuh manusia merupakan jalan tercepat bagi arus listrik untuk mencapai ground.

Apabila terdapat hambatan dalam tubuh, maka sebagian energi untuk perpindahan elektron tersebut berubah menjadi energi panas. Rasa sakit yang dialami merupakan akibat perpindahan elektron yang merangsang saraf-saraf secara berlebihan. Untuk mencegah agar kita tidak tersetrum caranya sangat mudah yaitu dengan “memotong” jalur arus listrik dengan menggunakan sandal karet atau alas kaki lainnya yang bersifat isolator saat sedang memegang peralatan listrik/elektronik sehingga tubuh kita tidak akan terhubung langsung dengan tanah (ground).

Tersetrum dapat membahayakan tubuh manusia karena arus listrik yang mengalir dalam tubuh manusia akan menghasilkan panas yang dapat membakar jaringan dan juga menyebabkan terganggunya fungsi organ tubuh, terutama jantung, otot, dan otak. Efek yang ditimbulkan oleh kesetrum antara lain kejang otot, nafas berhenti, denyut jantung tidak teratur, luka bakar tingkat tiga, sampai yang terburuk adalah kematian. Aliran listrik yang mengalir pada tubuh kita dapat menyebabkan cedera dengan 3 cara, yaitu :

- Henti jantung (cardiac arrest), terjadi akibat efek listrik terhadap jantung.
- Perusakan otot, saraf, dan jaringan oleh arus listrik yang melewati tubuh.
- Luka bakar termal akibat kontak dengan arus listrik.

A. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perbedaan Efek Sengatan Listrik.

Beberapa faktor yang mengakibatkan beraneka ragam dampak sengatan listrik adalah:

1. Ukuran fisik bidang kontak

Semakin besar dan luas bidang kontak antara tubuh dan perlengkapan listrik, semakin rendah hambatan instalasinya, semakin banyak arus listrik yang mengalir melewati tubuh dan akibatnya semakin parah.

2. Kondisi tubuh

Kondisi tubuh korban maksudnya kondisi kesehatan korban. Apabila yang terkena sengatan listrik tersebut dalam keadaan sakit akibatnya tentu akan lebih parah dari korban yang dalam kondisi prima.

3. Hambatan/tahanan tubuh

Ketika kulit manusia dalam kondisi kering, tahanan tubuh menjadi tinggi dan cukup untuk melindungi bahaya sengatan listrik. Namun, kondisi kulit benar-benar kering sangat jarang dijumpai, kecenderungannya setiap orang akan mengeluarkan keringat walaupun hanya sedikit. Oleh karena itu tubuh dianggap selalu basah sehingga tahanan menjadi rendah dan kemungkinan terkena sengatan menjadi tinggi.

Tahanan tubuh ini dipengaruhi pula oleh jenis kelamin. Wanita dewasa memiliki tahanan tubuh yang berbeda dengan laki-laki dewasa. Tahanan tubuh wanita dewasa lebih rendah dibandingkan tahanan tubuh laki-laki dewasa. Oleh karena itu arus listrik yang mengalir ke tubuh wanita dewasa cenderung lebih besar dan akibatnya tentu lebih parah.

4. Jumlah miliampere

Miliampere adalah satuan yang digunakan untuk mengukur arus listrik. Semakin besar arus listrik yang melewati tubuh manusia, semakin besar pula resiko sengatan yang ditimbulkan bagi tubuh manusia.

B. Batas Arus yang Melewati Tubuh Manusia.

Bahaya arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh kita dipengaruhi oleh jenis dan kekuatan arus listrik, ketahanan tubuh terhadap arus listrik, jalur arus listrik ketika masuk ke dalam tubuh serta lamanya arus listrik mengalir di dalam tubuh kita. Semakin besar dan lama arus listrik yang mengalir di dalam tubuh kita maka semakin besar juga bahaya yang dapat ditimbulkan terhadap tubuh kita. Berikut ini akan diberikan tabel batas arus dan pengaruhnya terhadap tubuh manusia serta tabel besar dan lamanya tegangan sentuh maksimum.

Tabel 6.1. Batas Arus Yang Melewati Tubuh Manusia

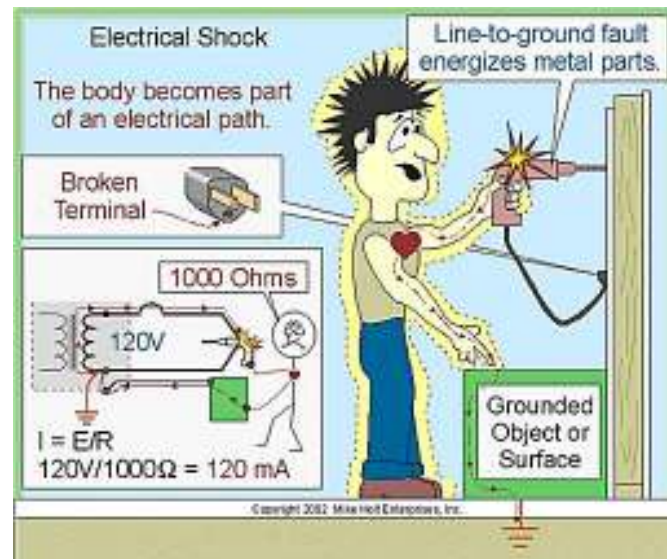
Batas Arus	Pengaruh Pada Tubuh Manusia
0 – 0,9 mA	Belum merasakan pengaruh
0,9 – 1,2 mA	Baru terasa adanya arus listrik tapi tidak menimbulkan kejang
1,2 – 1,6 mA	Mulai terasa seakan-akan ada yang merayap didalam tangan
1,6 – 6,0 mA	Tangan sampai kesiku terasa kesemutan
6,0 – 8,0 mA	Tangan makin kaku, rasa kesemutan makin bertambah
13,0 – 15,0 mA	Rasa sakit tak tertahankan, penghantar masih bisa dilepas
15,0 – 20,0 mA	Otot tidak sanggup lagi melepaskan penghantar
20,0 – 50,0 mA	Dapat mengakibatkan kerusakan pada tubuh manusia
50,0 – 100,0 mA	Batas arus yang dapat menyebabkan kematian

Tabel 6.2. Besar dan Lama Tegangan Sentuh Maksimum

Tegangan sentuh (Volt)	Waktu pemutusan maksimum (detik)
< 50	-
50	1,0
75	0,5
90	0,2
110	0,2
150	0,1
220	0,05
280	0,03

Berapapun aliran listrik yang diterima oleh tubuh tetap menimbulkan sengatan atau getaran. Namun tegangan ini terkadang bisa dirasakan oleh seseorang tapi ada juga yang tak terasa oleh tubuh. Sengatan listrik yang kecil minimal bisa menyebabkan seseorang mengalami sakit kepala, kelelahan atau kejang otot, ketidaksadaran sementara dan sesak napas sementara. Tapi jika berlangsung lama atau dalam tegangan tinggi bisa menyebabkan luka bakar, kehilangan penglihatan, kerusakan otak, serangan jantung, berhenti bernapas dan kematian.

Apabila seseorang mengalami shock sesaat, maka hanya akan menimbulkan rasa sakit. Tapi jika tegangannya cukup tinggi juga bisa berakibat fatal, meskipun hanya beberapa detik saja. Misalnya jika alirannya mencapai 100 mA, kemungkinan bisa menyebabkan kematian hanya dalam waktu 2 detik saja.



Gambar 6.2. Aliran Arus Listrik Di Tubuh Manusia

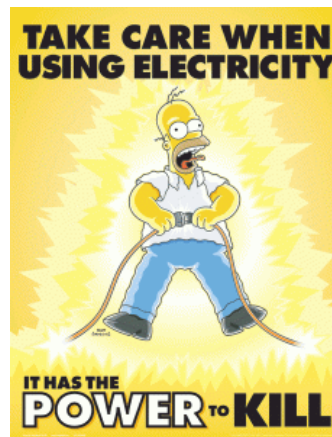
Seseorang hanya akan bisa bertahan pada aliran listrik yang kurang dari 10 mA, karena masih memiliki kendali terhadap otot-otot lengannya. Jika lebih dari itu, kemungkinan sudah tidak memiliki kendali lagi. Hal inilah yang membuat seseorang tidak bisa melepaskan alat listrik (semakin memperketat cengkeraman alat listrik), sehingga aliran listrik akan semakin kuat melalui tubuh dan menimbulkan luka serius. Aliran listrik yang parah bisa menyebabkan kerusakan yang lebih banyak bagi tubuh, tapi terkadang tidak terlihat oleh mata. Seseorang mungkin akan mengalami perdarahan internal, rusaknya jaringan, saraf dan otot atau bahkan menyebabkan luka yang tersembunyi. Namun jika tegangannya terlalu tinggi, maka kematian tidak bisa dihindari. Jika ada seseorang yang tersetrum listrik, sebaiknya jangan menyentuh orang tersebut karena aliran listrik bisa berpindah dan membuat keduanya tersetrum bersama.

C. Menangani Korban Tersetrum

Berikut ini akan diberikan tips menangani korban kesetrum, mungkin saja anda akan menjadi pahlawan yang dapat menyelamatkan nyawa seseorang. Langkah-langkah yang seharusnya anda lakukan saat menangani korban kesetrum antara lain:

1. Jika tubuh korban masih kontak dengan arus listrik, jangan menyentuhnya dengan tangan telanjang! Bisa-bisa anda ikut kesetrum, segera matikan sumber listrik atau memotong kabelnya, jika tidak berhasil gunakan benda yang tidak dapat mengalirkan listrik (isolator) seperti kayu, karet, atau plastic. Atau kalau anda tidak dapat menemukan benda-benda tersebut segera tendang saja tubuh korban dengan sol sepatu anda.
2. Segera periksa tubuh korban. pastikan sumber listrik sudah tidak menempel di tubuh korban, rebahkan tubuh korban hingga terlentang dan angkat dagunya, segera hubungi ambulans jika memang kondisinya parah.

3. Sambil menunggu datangnya ambulans segera lakukan pertolongan pertama pada korban dengan cara lihat dan dengar nafasnya, jika korban dalam keadaan tidak bernafas, segera beri nafas bantuan. Coba tekan hidungnya dengan jari anda dan tiupkan udara ke dalam mulutnya dua kali hingga dadanya mengembang. kemudian periksa denyut nadi di lehernya, jika dalam waktu 5 detik tidak ada tanda-tanda, tekan dadanya sebanyak 5 kali dengan kedua telapak tangan anda (telapak tangan kiri berada di atas dada dan tangan kanan berada di atas punggung tangan kiri, posisi tangan anda berada satu garis dengan putingnya) periksa lagi denyut nadinya, jika tetap tidak ada, ulangi dari awal.
4. Jika ada luka terbuka di tubuh korban akibat sengatan listrik, segera tutupi dengan benda yang tidak menghantarkan panas seperti kain atau perban.



Gambar 6.3. Pemutusan Kabel Bertegangan

D. Trauma

Trauma merupakan reaksi fisik dan psikis yang bersifat stress buruk akibat suatu peristiwa, kejadian atau pengalaman spontanitas/ secara mendadak (tiba-tiba), yang membuat individu mengejutkan, kaget, ketakutan, shock, tidak sadarkan diri, dan sebagainya yang tidak mudah hilang begitu saja dalam ingatan manusia. James Drever (1987) mengatakan trauma adalah setiap luka, kesakitan atau shock yang terjadi pada fisik dan mental individu yang berakibat timbulnya gangguan serius. Sarwono (1996), melihat trauma sebagai pengalaman yang tiba-tiba, mengejutkan dan meninggalkan bekas (kesan) yang mendalam pada jiwa seseorang yang mengalaminya. Dari dua pendapat ini, dapat dianalisis bahwa trauma merupakan suatu kondisi yang tidak menyenangkan atau buruk yang datang secara spontanitas dan merusak seluruh sendi/fungsi pertahanan kejiwaan individu, sehingga membuat individu tidak berdaya dalam mengendalikan dirinya.



Gambar 6.4. Trauma

1. Penyebab terjadinya Trauma

Secara umum, kondisi trauma yang dialami individu (anak) disebabkan oleh berbagai situasi dan kondisi, di antaranya:

- a. Peristiwa atau kejadian alamiah (bencana alam), misalnya tersetrum listrik gempa bumi, tsunami, banjir, tanah longsor, angin topan, dsb.
- b. Pengalaman dihidupkan sosial ini (psiko-sosial), seperti pola asuh yang salah, ketidakadilan, penyiksaan (secara fisik atau psikis), teror, kekerasan, perang, dsb.
- c. Pengalaman langsung atau tidak langsung, seperti melihat sendiri, mengalami sendiri (langsung) dan pengalaman orang lain (tidak langsung), dsb.

2. Jenis dan Sifat Trauma

Dalam kajian psikologi dikenal beberapa jenis trauma sesuai dengan penyebab dan sifat terjadinya trauma, yaitu trauma psikologis, trauma neurosis, trauma psikosis, dan trauma diseases.

- a. **Trauma Psikologis**, trauma ini adalah akibat dari suatu peristiwa atau pengalaman yang luar biasa, yang terjadi secara spontan (mendadak) pada diri individu tanpa berkemampuan untuk mengontrolnya (loss control and loss helpness) dan merusak fungsi ketahanan mental individu secara umum. Ekses dari jenis trauma ini dapat menyerang individu secara menyeluruh (fisik dan psikis).
- b. **Trauma Neurosis**, trauma ini merupakan suatu gangguan yang terjadi pada saraf pusat (otak) individu, akibat benturan-benturan benda keras atau pemukulan di kepala. Implikasinya, kondisi otak individu mengalami pendarahan, iritasi, dsb. Penderita trauma ini biasanya saat terjadi tidak sadarkan diri, hilang kesadaran, dsb.
- c. **Trauma Psychosis**, trauma psikosis merupakan suatu gangguan yang bersumber dari kondisi atau problema fisik individu, seperti cacat tubuh, amputasi salah satu anggota tubuh, dsb, yang menimbulkan shock dan gangguan emosi. Pada saat-saat tertentu gangguan kejiwaan ini biasanya terjadi akibat bayang-bayang pikiran terhadap pengalaman/peristiwa yang pernah dialaminya, yang memicu timbulnya histeris atau fobia.
- d. **Trauma Diseases**, gangguan kejiwaan jenis ini oleh para ahli ilmu jiwa dan medis dianggap sebagai suatu penyakit yang bersumber dari stimulus-stimulus luar yang dialami individu secara spontan atau berulang-ulang, seperti keracunan, terjadi pemukulan, teror, ancaman, dsb.

3. Deteksi Dini & Upaya Penanganannya

Adalah suatu hal penting yang harus diperhatikan secara komprehensif oleh semua pihak yang terlibat dalam pemberian bantuan pada penderita traumatik bahwa upaya deteksi (teropong, observasi, analisis dan pemahaman) terhadap kasus, masalah atau penyakit secara mendalam merupakan kunci utama dari keberhasilan penanganannya (terapi atau konselingnya).

Bagaimana proses awal terjadinya trauma dan sejauh mana kondisi traumatik menyerang individu? Konteks ini, kiranya akan memudahkan kita dalam hal pencarian solusi akhir untuk mengembalikan kondisi normal bagi penderita gangguan kejiwaan secara bertahap dan berkesinambungan.

Berikut ini adalah beberapa cara atau langkah awal yang perlu diperhatikan dalam rangka diagnosis awal sebagai upaya penanganannya (terapi) selanjutnya:

1. Planning

Konsep ini merupakan pemikiran dasar dalam rangka menjalankan tugas secara menyeluruh. Tanpa planning yang tepat, kesulitan akan segera menghadang. Dengan adanya planning, maka segala sesuatu yang dibutuhkan dalam aplikasi kerja akan berjalan dengan baik dan terfokus.

2. Action

Setelah perencanaan yang matang, maka langkah kerja selanjutnya adalah aksinya (perbuatan). Dalam aksi, segala hal/masalah yang hendak dianalisis atau dikaji akan menjadi terorganisasi, sistematis dan terintegrasi, sehingga memperjelas metode, pendekatan dan upaya problem solving (pemecahan masalah).

3. Controlling:

Konsep ini menjadi penting karena apabila terjadi kekeliruan metode, pendekatan dan konsep sebagaimana yang telah direncanakan dan diaplikasikan dilapangan maka dapat dikontrol, dan memungkinkan konselor untuk mengubah cara-cara lain yang sesuai dengan bobot masalah.

4. Evaluation:

Kegunaan konsep evaluasi adalah untuk melihat sejauh mana proses perkembangan kesembuhan traumatik yang diderita oleh individu dalam upaya pemberian bantuan, apakah dilanjutkan atau dihentikan (bila dianggap sudah normal).

E. Rehabilitasi Penyembuhan

Cedera Akibat Listrik adalah kerusakan yang terjadi jika arus listrik mengalir ke dalam tubuh manusia dan membakar jaringan ataupun menyebabkan terganggunya fungsi suatu organ dalam. Tubuh manusia adalah penghantar listrik yang baik. Tubuh manusia lebih dari 60% terdiri dari cairan sehingga sangat memungkinkan untuk menjadi konduktor atau listrik yang cukup bagus.

Akibat tersengat listrik adalah terbakar, kerusakan organ, masalah pada jantung dan peredaran darah dan dapat mengakibatkan kematian. Kontak langsung dengan arus listrik bisa berakibat fatal. Arus listrik yang mengalir ke dalam tubuh manusia akan menghasilkan panas yang dapat membakar dan menghancurkan jaringan tubuh. Meskipun luka bakar listrik tampak ringan, tetapi mungkin saja telah terjadi kerusakan organ dalam yang serius, terutama pada jantung, otot atau otak.

Cedera listrik bisa terjadi akibat tersambar petir atau menyentuh kabel maupun sesuatu yang menghantarkan listrik dari kabel yang terpasang. Cedera bisa berupa luka bakar ringan sampai kematian. Resistensi adalah kemampuan tubuh untuk menghentikan atau memperlambat aliran arus listrik. Kebanyakan resistensi tubuh terpusat pada kulit dan secara langsung tergantung kepada keadaan kulit. Resistensi kulit yang kering dan sehat rata-rata adalah 40 kali lebih besar dari resistensi kulit yang tipis dan lembab. Resistensi kulit yang tertusuk atau tergores atau resistensi selaput lendir yang lembab (misalnya mulut, rektum atau vagina), hanya separuh dari resistensi kulit utuh yang lembab.

Resistensi dari kulit telapak tangan atau telapak kaki yang tebal adalah 100 kali lebih besar dari kulit yang lebih tipis. Arus listrik banyak yang melewati kulit, karena itu energinya banyak yang dilepaskan di permukaan. Jika resistensi kulit tinggi, maka permukaan luka bakar yang luas dapat terjadi pada titik masuk dan keluarnya arus, disertai dengan hangusnya jaringan diantara titik masuk dan titik keluarnya arus listrik. Tergantung kepada resistensinya, jaringan dalam juga bisa mengalami luka bakar.

Arus listrik paling sering masuk melalui tangan, kemudian kepala; dan paling sering keluar dari kaki. Arus listrik yang mengalir dari lengan ke lengan atau dari lengan ke tungkai bisa melewati jantung, karena itu lebih berbahaya daripada arus listrik yang mengalir dari tungkai ke tanah. Arus yang melewati kepala bisa menyebabkan:

1. Kejang
2. Perdarahan otak
3. Kelumpuhan pernafasan
4. Perubahan psikis (misalnya gangguan ingatan jangka pendek, perubahan kepribadian, mudah tersinggung dan gangguan tidur)
5. Irama jantung yang tidak beraturan.
6. Kerusakan pada mata bisa menyebabkan katarak.

Semakin lama terkena listrik maka semakin banyak jumlah jaringan yang mengalami kerusakan. Seseorang yang terkena arus listrik bisa mengalami luka bakar yang berat. Tetapi, jika seseorang tersambar petir, jarang mengalami luka bakar yang berat (luar maupun dalam) karena kejadiannya berlangsung sangat cepat sehingga arus listrik cenderung melewati tubuh tanpa menyebabkan kerusakan jaringan dalam yang luas. Meskipun demikian, sambaran petir bisa menimbulkan konslet pada jantung dan paru-paru dan melumpukannya serta bisa menyebabkan kerusakan pada saraf atau otak.

Gejalanya tergantung kepada interaksi yang rumit dari semua sifat arus listrik. Suatu kejutan dari sebuah arus listrik bisa mengejutkan korbannya sehingga dia terjatuh atau menyebabkan terjadinya kontraksi otot yang kuat. Kedua hal tersebut bisa mengakibatkan dislokasi, patah tulang dan cedera tumpul. Kesadaran bisa menurun, pernafasan dan denyut jantung bisa lumpuh. Luka bakar listrik bisa terlihat dengan jelas di kulit dan bisa meluas ke jaringan yang lebih dalam. Arus listrik bertegangan tinggi bisa membunuh jaringan diantara titik masuk dan titik keluarnya, sehingga terjadi luka bakar pada daerah otot yang luas. Akibatnya, sejumlah besar cairan dan garam (elektrolit) akan hilang dan kadang menyebabkan tekanan darah yang sangat rendah. Serat-serat otot yang rusak akan melepaskan mioglobin, yang bisa melukai ginjal dan menyebabkan terjadinya gagal ginjal.

Dalam keadaan basah, kita dapat mengalami kontak dengan arus listrik. Pada keadaan tersebut, resistensi kulit mungkin sedemikian rendah sehingga tidak terjadi luka bakar tetapi terjadi henti jantung (cardiac arrest) dan jika tidak segera mendapatkan pertolongan, korban akan meninggal. Petir jarang menyebabkan luka bakar di titik masuk dan titik keluarnya, serta jarang menyebabkan kerusakan otot ataupun pelepasan mioglobin ke dalam air kemih. Pada awalnya bisa terjadi penurunan kesadaran yang kadang diikuti dengan koma atau kebingungan yang sifatnya sementara, yang biasanya akan menghilang dalam beberapa jam atau beberapa hari. Penyebab utama dari kematian akibat petir adalah kelumpuhan jantung dan paru-paru (henti jantung dan paru-paru).

F. Pengobatan:

Pengobatan terdiri dari:

1. Menjauhkan/memisahkan korban dari sumber listrik
2. Memulihkan denyut jantung dan fungsi pernafasan melalui resusitasi jantung paru (jika diperlukan)
3. Mengobati luka bakar dan cedera lainnya.



Gambar 6.5. Penanganan Korban

Cara paling aman untuk memisahkan korban dari sumber listrik adalah segera mematikan sumber arus listrik. Sebelum sumber listrik dimatikan, penolong sebaiknya jangan dulu menyentuh korban, apalagi jika sumber listrik memiliki tegangan tinggi. Jika sumber arus tidak dapat dimatikan, gunakan benda-benda non-konduktor (tidak bersifat menghantarkan listrik; misalnya sapu, kursi, karpet atau keset yang terbuat dari karet) untuk mendorong korban dari sumber listrik. Jangan menggunakan benda-benda yang basah atau terbuat dari logam.

Jika memungkinkan, berdirilah di atas sesuatu yang kering dan bersifat non-konduktor (misalnya keset atau kertas koran yang dilipat). Jangan coba-coba menolong korban yang berada dekat arus listrik bertegangan tinggi. Jika korban mengalami luka bakar, buka semua pakaian yang mudah dilepaskan dan siram bagian yang terbakar dengan air dingin yang mengalir untuk mengurangi nyeri.

Jika korban pingsan, tampak pucat atau menunjukkan tanda-tanda syok, korban dibaringkan dengan kepala pada posisi yang lebih rendah dari badan dan kedua tungkainya terangkat, selimuti korban dengan selimut atau jaket hangat. Cedera listrik seringkali disertai dengan terlontarnya atau terjatuhnya korban sehingga terjadi cedera traumatik tambahan, baik berupa luka luar yang tampak nyata maupun luka dalam yang tersembunyi. Jangan memindahkan kepala atau leher korban jika diduga telah terjadi cedera tulang belakang.

Setelah aman dari sumber listrik, segera dilakukan pemeriksaan terhadap fungsi pernafasan dan denyut nadi. Jika terjadi gangguan fungsi pernafasan dan nadinya tidak teraba, segera lakukan resusitasi. Sebaiknya dicari tanda-tanda patah tulang, dislokasi dan cedera tumpul maupun cedera tulang belakang. Jika terjadi kerusakan otot yang luas, mungkin akan diikuti dengan kerusakan ginjal, karena itu untuk mencegah kerusakan ginjal, berikan banyak cairan kepada korban. Korban sambaran petir seringkali bisa disadarkan dengan resusitasi jantung paru.

BAB VII KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA BERBASIS ZEROSICKS

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mempunyai tujuan untuk memperkecil atau menghilangkan potensi bahaya atau resiko kerja yang mengakibatkan kesakitan, kecelakaan dan kerugian yang mungkin terjadi. Pemahaman tentang K3 dapat menggunakan istilah “ZEROSICKS” yang berupa singkatan dari hazard, Environment, Risk, Observation/Opportunity/Occupational, Solution, Implementasi, Culture/Climate/Control, Knowledge/Knowhow, Standarisasi. Penjabaran istilah ZEROSICKS adalah sebagai berikut:

A. Hazard (Potensi Bahaya)



Hazard (potensi bahaya) merupakan sifat-sifat intrinsik dari suatu zat, peralatan atau proses kerja yang dapat menyebabkan kerusakan atau membahayakan sekitarnya. Potensi bahaya tersebut akan tetap menjadi bahaya tanpa menimbulkan dampak atau berkembang menjadi kecelakaan (accident) apabila tidak ada kontak (exposure) dengan manusia. Proses kontak antara potensi bahaya dengan manusia dapat terjadi melalui beberapa cara, yaitu:

1. Manusia yang menghampiri potensi bahaya.
2. Potensi bahaya yang menghampiri manusia melalui proses alamiah dan manusia.
3. Potensi bahaya saling menghampiri.

Berdasarkan sumbernya, hazard dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu: Occupational Health Hazard (OHH) dan Occupational Safety Hazard (OSH).

1. **Occupational Health Hazard (OHH)**, merupakan potensi bahaya di lingkungan kerja yang mengakibatkan terjadinya gangguan kesehatan, kesakitan dan penyakit akibat kerja (PAK). Kelompok OHH terdiri dari:
 - a. **Physical Hazard (Bahaya Fisis)**, merupakan potensi bahaya yang berupa energi, misalnya: termis (panas udara, panas mesin, radiasi, ledakan), dinamis (motor, roda gigi, pemotong), debu, bising.
 - b. **Chemical Hazard (Bahaya Kimia)**, merupakan potensi bahaya yang berkaitan dengan bahan kimia dalam bentuk gas, cair dan padat yang mempunyai sifat

toksik dan beracun, misalnya: zat kimia (antiseptik, aerosol, insektisida), bahan radioaktif, minyak, limbah B3 (limbah eletroplating, limbah pabrik kimia), uap gas, debu, fume.

- c. **Biological Hazard (Bahaya Biologi)**, merupakan potensi bahaya yang berasal dari makhluk hidup (mikroorganisme) di lingkungan kerja yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan, misalnya: racun, bakteri (anthrax, brucella), jamur, virus (flu, hepatitis, HIV, SARS), B3 (Bahan Berbahaya Beracun), hewan berbahaya (ular, kalajengking, serangga, tikus, anjing, nyamuk), parasit, kuman, rodant.
 - d. **Ergonomic (Aspek Ergonomi)**, merupakan potensi bahaya yang diakibatkan dari ketidaksesuaian desain lingkungan kerja dengan pekerja, misalnya: sikap kerja (posisi duduk), ukuran alat, desain tempat (posisi letak peralatan, desain ruang), sistem kerja, cara kerja.
2. **Occupational Safety Hazard (OSH)**, merupakan potensi bahaya yang terdapat di lingkungan kerja yang mengakibatkan terjadinya incident, injury, cacat, gangguan proses, kerusakan alat bagi pekerja maupun proses kerja. Kelompok OSH terdiri dari:
- a. **Mechanical Hazard (Bahaya Mekanik)**, merupakan potensi bahaya yang berasal dari benda atau proses yang bergerak yang dapat menimbulkan dampak seperti benturan, terpotong, tertusuk, tersayat, tergores, jatuh, terjepit.
 - b. **Chemical Hazard (Bahaya Kimia)**, merupakan potensi bahaya yang berasal dari bahan kimia dalam bentuk gas, cair dan padat yang mempunyai sifat mudah terbakar, mudah meledak dan korosif.



- c. **Electrical Hazard (Bahaya Elektrik)**, merupakan potensi bahaya yang berasal dari arus listrik, seperti arus kuat, arus lemah, listrik statis, elektron bebas.
- d. **Psychological Hazard (Bahaya Psikologis)**, merupakan potensi bahaya yang berkaitan dengan aspek sosial psikologi maupun organisasi di lingkungan kerja yang dapat memberikan dampak terhadap fisik dan mental pekerja, misalnya pola kerja yang tidak teratur, waktu kerja yang diluar waktu normal, beban kerja yang melebihi kapasitas mental, tugas yang tidak bervariasi, suasana lingkungan kerja yang terpisah atau terlalu ramai.

Berdasarkan faktor penyebabnya, hazard dibedakan menjadi 3 macam, yaitu: faktor manusia, faktor luar dan sistem manajemen.

1. **Faktor Manusia**, merupakan potensi bahaya yang disebabkan oleh manusia pekerja, seperti: human factor (perilaku, kondisi fisik, mental), human error.
2. **Faktor Luar**, merupakan potensi bahaya yang disebabkan oleh keadaan lingkungan sekitar, seperti: sarana transportasi, cuaca, bencana alam (badai, banjir, tanah longsor, petir).
3. **Sistem Manajemen**, merupakan potensi bahaya yang disebabkan oleh penerapan sistem manajemen di lingkungan kerja, seperti:
 - a. **Faktor penguat**, misalnya: pemberian hadiah, pemberian pujian, acungan jempol.
 - b. **Faktor kemungkinan**, misalnya: sarana yang memadai (adanya peralatan K3 yang cukup, adanya bagian yang mengurus K3), prasarana yang memadai (adanya biaya untuk pengembangan K3, adanya kemampuan untuk mengembangkan K3).
 - c. **Faktor mempengaruhi**, misalnya sifat dari setiap individu untuk menpercayai/sugesti kepada rekannya yang berbeda-beda.

B. Environment

Environment, mengenali kondisi lingkungan sekitar (alam, udara, air, tanah) yang menimbulkan nilai ambang batas (NAB).

C. Risk (Resiko Kerja)

Risk, mengenali suatu resiko yang dapat menimbulkan penyakit akibat kerja (PAK) dan kecelakaan akibat kerja (KAK), serta MSDS (material safety data sheet). Bahaya yang mempunyai potensi dan kemungkinan menimbulkan dampak kerugian, baik dampak kesehatan maupun yang lainnya biasanya dihubungkan dengan risiko (risk). Berdasarkan pemahaman tersebut, maka risiko dapat diartikan sebagai kemungkinan terjadinya suatu dampak/ konsekuensi

$$\text{(risk = probability x consequences)}$$

Dampak/konsekuensi hanya akan terjadi bila ada bahaya dan kontak/exposure antara manusia dengan peralatan ataupun material yang terlibat dalam suatu interaksi yang kita sebut sebagai pekerjaan/sistem kerja. Dampak/konsekuensi dapat diartikan sebagai akibat dari terjadinya kontak/exposure antara bahaya/hazard dengan manusia. Hubungan antara bahaya risiko dapat dilihat pada rumus sebagai berikut:

$$\text{(risk = probability x exposure x hazard)}$$

Pengetahuan tentang risiko ini diperlukan untuk mengetahui proses perkembangan bahaya menjadi dampak/konsekuensi, sehingga kita dapat memotong rantai proses itu agar tidak menjadi sebuah konsekuensi. Pengelolaan risiko yang ada ditempat kerja merupakan salah satu metoda ataupun program yang perlu dilakukan untuk mencegah terjadinya dampak. Pengelolaan risiko (risk management) dapat dilakukan dengan menggunakan metode:

1. Identifikasi Risiko (Risk Identification)

Pertama mengenali bahaya (hazard) yang ada di tempat kerja dan yang melekat pada pekerjaan (hazard identification). Setelah mengenali jenis bahayanya, kemudian setelah itu baru dipahami/dimengerti seberapa jauh hazard tersebut akan berkembang menjadi konsekuensi setelah kontak (exposed) dengan pekerja. Proses identifikasi risiko yang perlu diketahui adalah jenis hazard, pola kontak dan jenis konsekuensi yang akan terjadi.

2. Analisis Risiko (Risk Assessment) dan evaluasi

Setelah mengenali bahaya dan risiko yang ada, langkah selanjutnya menganalisis besar dan tingkatannya dengan menggunakan analisis risiko (risk assessment). Prinsip analisis resiko adalah menghitung seberapa besar kemungkinan/probability terjadinya exposure/kontak terhadap bahaya/hazard dan seberapa besar derajat konsekuensi yang akan terjadi. Analisis resiko dapat dilakukan dengan metode kualitatif, semi kuantitatif dan kuantitatif. Setelah didapatkan tingkat probabilitas dan derajat konsekuensi, kemudian tingkat risiko dapat dihitung dengan melakukan perkalian dari dua variabel tersebut.

$$\text{(risk = probability x consequences)}$$

Tingkat risiko yang telah dihitung ini kemudian ditentukan apakah termasuk dalam kriteria risiko tinggi, sedang ataukah rendah.

3. Pengendalian Resiko (Risk Control)

Pengendalian resiko sangat bergantung pada tingkat/derajat risiko yang ada. Pada umumnya pengendalian risiko terbagi menjadi:

a. Pengendalian engineering

Pengendalian risiko dengan cara ini misalnya dengan melakukan perubahan desain sistem kerja, pemasangan machine-guarding, dan sebagainya.

b. Pengendalian administratif

- 1) Pembuatan standard operating procedure (SOP), pengaturan waktu gilir kerja (shift work), rotasi,dll
- 2) Pelatihan.
- 3) Penggunaan alat pelindung diri.

4. Pemantauan

Umumnya program safety yang dilakukan di perusahaan dapat digolongkan atas dua bagian besar yaitu:

- a. Sistem Manajemen Keselamatan (safety)
- b. Program teknis operasional

Manajemen risiko mulai diperkenalkan tahun 1980-an setelah berkembangnya teori accidentmodel dari ILCI dan semakin maraknya isu lingkungan dan kesehatan. Manajemen resiko bertujuan untuk minimisasi kerugian dan meningkatkan kesempatan ataupun peluang. Berdasarkan terjadinya kerugian dengan teori accident model dari ILCI, manajemen risiko dapat memotong mata rantai kejadian kerugian tersebut, sehingga efek dominonya tidak terjadi. Manajemen risiko bersifat mencegah terjadinya kerugian maupun 'accident'. Ruang lingkup proses manajemen risiko terdiri dari:

1. Penentuan konteks kegiatan yang akan dikelola risikonya
2. Identifikasi risiko
3. Analisis risiko
4. Evaluasi risiko
5. Pengendalian risiko
6. Pemantauan dan telaah ulang
7. Koordinasi dan komunikasi.

Pelaksanaan manajemen risiko merupakan bagian integral dari pelaksanaan sistem manajemen perusahaan/ organisasi. Proses manajemen risiko merupakan salah satu langkah yang dapat dilakukan untuk menciptakan perbaikan berkelanjutan (continuous improvement). Proses manajemen risiko sering dikaitkan dengan proses pengambilan keputusan dalam sebuah organisasi.

Manajemen risiko adalah metode yang tersusun secara logis dan sistematis dari suatu rangkaian kegiatan: penetapan konteks, identifikasi, analisa, evaluasi, pengendalian serta komunikasi risiko. Proses ini dapat diterapkan di semua tingkatan kegiatan, jabatan, proyek, produk ataupun asset. Manajemen risiko dapat memberikan manfaat optimal jika diterapkan sejak awal kegiatan. Walaupun demikian manajemen risiko seringkali dilakukan ketika tahap pelaksanaan ataupun operasional kegiatan. Terdapat empat prasyarat utama manajemen resiko, yaitu:

1. Kebijakan Manajemen Risiko

Eksekutif organisasi harus dapat mendefinisikan dan membuktikan kebenaran dari kebijakan manajemen risikonya, termasuk tujuannya untuk apa, dan komitmennya. Kebijakan manajemen risiko harus relevan dengan konteks strategi dan tujuan organisasi, objektif dan sesuai dengan sifat dasar bisnis (organisasi) tersebut. Manajemen akan memastikan bahwa kebijakan tersebut dapat dimengerti, dapat diimplementasikan di setiap tingkatan organisasi.

2. Perencanaan dan Pengelolaan Hasil

- a. Komitmen Manajemen; Organisasi harus dapat memastikan bahwa:
 - 1) Sistem manajemen resiko telah dapat dilaksanakan dan telah sesuai dengan standar.
 - 2) Hasil/performa dari sistem manajemen resiko dilaporkan ke manajemen organisasi, agar dapat digunakan dalam meninjau (review) dan sebagai dasar (acuan) dalam pengambilan keputusan.
- b. Tanggungjawab dan kewenangan; Tanggungjawab, kekuasaan dan hubungan antar anggota yang dapat menunjukkan dan membedakan fungsi kerja didalam manajemen risiko harus terdokumentasikan khususnya untuk hal-hal sebagai berikut:
 - 1) Tindakan pencegahan atau pengurangan efek dari risiko.
 - 2) Pengendalian yang akan dilakukan agar faktor risiko tetap pada batas yang masih dapat diterima.
 - 3) Pencatatan faktor-faktor yang berhubungan dengan kegiatan manajemen risiko.
 - 4) Rekomendasi solusi sesuai cara yang telah ditentukan.
 - 5) Memeriksa validitas implementasi solusi yang ada.
 - 6) Komunikasi dan konsultasi secara internal dan eksternal.

- c. Sumber Daya Manusia; Organisasi harus dapat mengidentifikasi persyaratan kompetensi sumber daya manusia (SDM) yang diperlukan. Oleh karena itu untuk meningkatkan kualifikasi SDM, perlu untuk mengikuti pelatihan-pelatihan yang relevan dengan pekerjaannya seperti pelatihan manajerial, dan lain sebagainya.

3. Implementasi Program

Sejumlah langkah perlu dilakukan agar implementasi sistem manajemen risiko dapat berjalan secara efektif pada sebuah organisasi. Langkah-langkah yang akan dilakukan tergantung pada filosofi, budaya dan struktur dari organisasi tersebut.

4. Tinjauan Manajemen

Tinjauan sistem manajemen risiko pada tahap yang spesifik, harus dapat memastikan kesesuaian kegiatan manajemen risiko yang sedang dilakukan dengan standar yang digunakan dan dengan tahap-tahap berikutnya. Manajemen risiko adalah bagian yang tidak terpisahkan dari manajemen proses. Manajemen risiko adalah bagian dari proses kegiatan didalam organisasi dan pelaksanaannya terdiri dari multidisiplin keilmuan dan latar belakang. Manajemen risiko adalah proses yang berjalan terus menerus. Elemen utama dari proses manajemen risiko meliputi:

a. Penetapan tujuan

Menetapkan strategi, kebijakan organisasi dan ruang lingkup manajemen risiko yang akan dilakukan.

b. Identifikasi risiko

Mengidentifikasi apa, mengapa, bagaimana dan dimana faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya risiko untuk analisis lebih lanjut.

c. Analisis risiko

Dilakukan dengan menentukan tingkatan probabilitas dan konsekuensi yang akan terjadi. Kemudian ditentukan tingkatan risiko yang ada dengan mengalikan kedua variabel tersebut (probabilitas X konsekuensi).

d. Evaluasi risiko

Membandingkan tingkat risiko yang ada dengan kriteria standar. Setelah itu tingkatan risiko yang ada untuk beberapa hazards dibuat tingkatan prioritas manajemennya. Jika tingkat risiko ditetapkan rendah, maka risiko tersebut masuk ke dalam kategori yang dapat diterima dan mungkin hanya memerlukan pemantauan saja tanpa harus melakukan pengendalian.

e. Pengendalian risiko

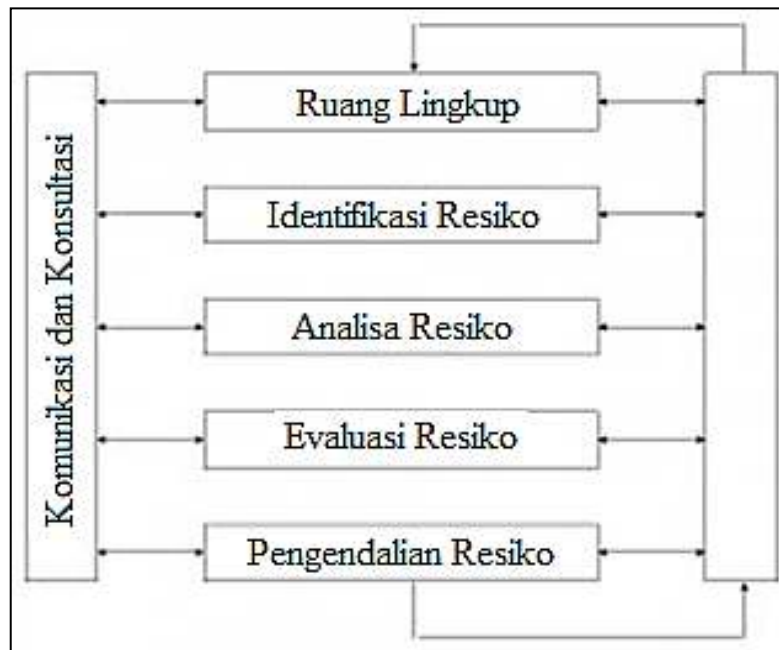
Melakukan penurunan derajat probabilitas dan konsekuensi yang ada dengan menggunakan berbagai alternatif metode, bisa dengan transfer risiko,dll.

f. Monitor dan Review

Monitor dan review terhadap hasil sistem manajemen risiko yang dilakukan serta mengidentifikasi perubahan-perubahan yang perlu dilakukan.

g. Komunikasi dan konsultasi

Komunikasi dan konsultasi dengan pengambil keputusan internal dan eksternal untuk tindak lanjut dari hasil manajemen risiko yang dilakukan.



Gambar 7.1. Elemen Proses Manajemen Risiko

Manajemen risiko dapat diterapkan di setiap level organisasi. Manajemen risiko dapat diterapkan di level strategis dan level operasional. Manajemen risiko juga dapat diterapkan pada proyek yang spesifik, untuk membantu proses pengambilan keputusan ataupun untuk pengelolaan daerah dengan risiko yang spesifik.

Beberapa istilah penting dalam manajemen risiko, antara lain:

1. Konsekuensi

Merupakan akibat dari suatu kejadian yang dinyatakan secara kualitatif atau kuantitatif, berupa kerugian, sakit, cedera, keadaan merugikan atau menguntungkan. Bisa juga berupa rentangan akibat-akibat yang mungkin terjadi dan berhubungan dengan suatu kejadian.

2. Biaya

Merupakan suatu kegiatan, baik langsung dan tidak langsung, meliputi berbagai dampak negatif, termasuk uang, waktu, tenaga kerja, gangguan, nama baik, politik dan kerugian-kerugian lain yang tidak dinyatakan secara jelas.

3. Kejadian

Merupakan suatu peristiwa (insiden) atau situasi, yang terjadi pada tempat tertentu selama interval waktu tertentu.

4. Analisis Urutan Kejadian

Merupakan suatu teknik yang menggambarkan rentangan kemungkinan dan rangkaian akibat yang bisa timbul dari proses suatu kejadian.

5. Analisis Urutan Kesalahan

Merupakan suatu metode sistem teknik untuk menunjukkan kombinasi-kombinasi yang logis dari berbagai keadaan sistem dan penyebab-penyebab yang mungkin bisa berkontribusi terhadap kejadian tertentu (disebut kejadian puncak).

6. Frekuensi

Merupakan ukuran angka dari peristiwa suatu kejadian yang dinyatakan sebagai jumlah peristiwa suatu kejadian dalam waktu tertentu. Terlihat juga seperti kemungkinan dan peluang.

7. Bahaya (hazard)

Merupakan faktor intrinsik yang melekat pada sesuatu dan mempunyai potensi untuk menimbulkan kerugian.

8. Monitoring/ Pemantauan

Merupakan pengecekan, Pengawasan, Pengamatan secara kritis, atau Pencatatan kemajuan dari suatu kegiatan, tindakan, atau sistem untuk mengidentifikasi perubahan-perubahan yang mungkin terjadi.

9. Probabilitas

Digunakan sebagai gambaran kualitatif dari peluang atau frekuensi. Kemungkinan dari kejadian atau hasil yang spesifik, diukur dengan rasio dari kejadian atau hasil yang spesifik terhadap jumlah kemungkinan kejadian atau hasil. Probabilitas dilambangkan dengan angka dari 0 dan 1, dengan 0 menandakan kejadian atau hasil yang tidak mungkin dan 1 menandakan kejadian atau hasil yang pasti.

10. Resiko Ikutan

Tingkat resiko yang masih ada setelah manajemen resiko dilakukan.

11. Resiko

Peluang terjadinya sesuatu yang akan mempunyai dampak terhadap sasaran. Ini diukur dengan hukum sebab akibat. Variabel yang diukur biasanya probabilitas, konsekuensi dan juga pemajanan.

12. Penerimaan Resiko (acceptable risk)

Keputusan untuk menerima konsekuensi dan kemungkinan resiko tertentu

13. Analisis Resiko

Sebuah sistematika yang menggunakan informasi yang didapat untuk menentukan seberapa sering kejadian tertentu dapat terjadi dan besarnya konsekuensi tersebut.

14. Penilaian Resiko

Proses analisis resiko dan evaluasi resiko secara keseluruhan.

15. Penghindaran Resiko

Keputusan yang diberitahukan agar tidak terlibat dalam situasi resiko.

16. Pengendalian Resiko

Bagian dari manajemen resiko yang melibatkan penerapan kebijakan, standar, prosedur perubahan fisik untuk menghilangkan atau mengurangi resiko yang kurang baik.

17. Evaluasi Resiko

Proses yang biasa digunakan untuk menentukan manajemen resiko dengan membandingkan tingkat resiko terhadap standar yang telah ditentukan, target tingkat risiko dan kriteria lainnya.

18. Identifikasi Resiko

Proses menganalisis untuk menentukan apa yang akan terjadi, mengapa, bagaimana.

19. Pengurangan Resiko

Penggunaan/ penerapan prinsip-prinsip manajemen dan teknik-teknik yang tepat secara selektif, dalam rangka mengurangi kemungkinan terjadinya suatu kejadian atau konsekuensinya, atau keduanya.

20. Pemindahan Resiko (risk transfer)

Mendelegasikan atau memindahkan suatu beban kerugian ke suatu kelompok/ bagian lain melalui jalur hukum, perjanjian/ kontrak, asuransi, dll. Pemindahan resiko mengacu pada pemindahan resiko fisik dan bagianya ke tempat lain.

D. Observation/ Opportunity/ Occupational

Observation/ Opportunity/ Occupational, mengamati tingkat resiko bahaya, yang berdampak terhadap lingkungan, mesin peralatan maupun manusia pekerja dengan menggunakan analisa 5W + 1H (what, where, when, who, why, how).

E. Solution

Solution, mencari alternatif solusi SMART (specifics, measruable, action, realistic, time) yang akan dilakukan setelah melakukan observasi.

1. **Adaptasi/ aklimasi**, merupakan penyesuaian diri pada hal-hal yang bisa memungkinkan menimbulkan kecelakaan, misalnya semula bekerja di ruang panas kemudian berpindah ke ruangan yang dingin membutuhkan penyesuaian.
2. **Administrasi**, merupakan kelengkapan data manajemen yang digunakan untuk meningkatkan jaminan mutu terhadap K3, misalnya administrasi pegawai, data-data APD, data-data kecelakaan,dll.
3. **Antisipasi**, merupakan upaya berjaga-jaga agar kecelakaan tidak terjadi.
4. **Asuransi**, merupakan jaminan terhadap kesehatan pekerja dan peralatan di lingkungan kerja.
5. **Dilusi**, merupakan pengenceran bahan berbahaya beracun (B3) yang ditimbulkan akibat proses produksi, misalnya pengenceran limbah sebelum dibuang.
6. **Dokumentasi**, hampir sama dengan administrasi yaitu kelengkapan manajemen berupa data, yang dilengkapi dengan foto-foto pendukung kejadian.
7. **Edukasi**, merupakan usaha memberikan pengetahuan dan pemahaman tentang bahaya-bahaya serta cara mencegah kecelakaan kerja, materi pengetahuan harus sesuai dengan jenis pekerjaan.
8. **Eliminasi**, merupakan usaha menghilangkan sumber bahaya kecelakaan kerja.
9. **Emergency**, merupakan pemberian tanda bahaya agar pekerja lebih berhati-hati.
10. **Evakuasi**, merupakan pembuatan jalur pemindahan untuk mengurangi adanya kecelakaan kerja.
11. **Evaluasi**, merupakan kegiatan penilaian terhadap kegiatan dan sarana penunjang proses kerja.

12. **Gizi dan nutrisi**, merupakan perencanaan daftar asupan makanan yang dapat memberikan kesehatan fisik sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan yang memenuhi 4 sehat 5 sempurna.
13. **Identifikasi**, merupakan pendataan sumber-sumber bahaya kecelakaan.
14. **Iluminasi**, merupakan pengaturan pencahayaan di lingkungan kerja.
15. **Informasi**, merupakan pemberitahuan tentang bahaya-bahaya yang dapat terjadi.
16. **Inisiasi or briefing before work**
17. **Inovasi**, merupakan desain pembaharuan mesin-mesin produksi yang dapat mencegah terjadinya bahaya kecelakaan kerja.
18. **Inspeksi**, merupakan pemeriksaan dengan seksama mengenai alat-alat kerja yang digunakan dan kelengkapan keselamatan kerja.
19. **Instalasi**, merupakan pemasangan perangkat teknis beserta perlengkapannya pada posisi yang benar dan siap dipergunakan.
20. **Isolasi**, merupakan penutupan barang-barang berbahaya yang terdapat di tempat kerja dengan memasang pengaman pelindung.
21. **Kombinasi**, merupakan penggabungan peralatan-peralatan untuk menghindari bahaya kecelakaan.
22. **Kulturasi**, merupakan penggabungan budaya-budaya kerja untuk menghindari bahaya kecelakaan.
23. **Medikasi**, merupakan pemberian terapi berupa obat-obatan guna mengantisipasi adanya gangguan kesehatan
24. **Modifikasi**, melakukan perubahan dengan tujuan untuk menghindari bahaya kecelakaan
25. **Music, humoris, optimis**, merupakan usaha agar pekerja lebih nyaman dalam melakukan pekerjaan
26. **Otomasi**, penggunaan peralatan mesin-mesin secara otomatis (misalnya mesin CNC)
27. **Partisipasi**, peran serta dalam menjaga keselamatan dan alat-alat kerja
28. **Promosi**, merupakan komunikasi pemberitahuan kepada seluruh pekerja agar mengetahui tentang bahaya kecelakaan di lingkungan kerja
29. **Proteksi**, merupakan peralatan pengamanan terhadap mesin produksi maupun alat pelindung diri bagi pekerja
30. **Reduksi**, merupakan usaha mengurangi sumber bahaya yang ada atau kemungkinan yang akan terjadi, misalnya sumber panas dapat dihilangkan dengan memasang fiberglass
31. **Regulasi**, merupakan usaha mengurangi sumber bahaya dan kemungkinan yang terjadi dengan mengatur sirkulasi udara
32. **rekonstruksi**, merupakan kegiatan pengembalian kondisi lingkungan kerja seperti semula
33. **Rekulturisasi**, merupakan proses membudayakan budaya keselamatan kerja
34. **Relaksasi**, merupakan kegiatan yang bertujuan menyegarkan pikiran
35. **Reorganisasi**, merupakan kegiatan penyusunan kembali pengurus yang menangani manajemen keselamatan kerja
36. **Reparasi**, merupakan perbaikan terhadap alat atau mesin yang sudah tidak layak pakai agar tidak membahayakan pengguna
37. **Reposisi** lokasi ruang dan alat, merupakan pengaturan lingkungan kerja berdasarkan ergonomi dan 5S / 5R
38. **Restrukturisasi**, merupakan kegiatan penataan kembali manajemen keselamatan kerja

39. **Shift and timework**, bertujuan untuk memanfaatkan sumberdaya manusia secara efektif dan optimal, dapat menekan resiko terjadinya kecelakaan, mengurangi tingkat kejenuhan dalam bekerja, mengurangi tingkat kelelahan dan stress dalam bekerja, meningkatkan motivasi kerja
40. **Simplifikasi**, merupakan usaha menyederhanakan hal-hal yang dapat membahayakan keselamatan kerja
41. **Sinkronisasi**, merupakan penghubungan sederhana antara mesin dengan mesin, maupun mesin dengan manusia
42. **Standarisasi**, merupakan patokan atau ukuran tertentu berkaitan dengan terciptanya keselamatan dan kesehatan kerja
43. **Supervisi**, merupakan proses audit keselamatan dan kesehatan kerja
44. **Ventilasi**, merupakan pengaturan sirkulasi udara di lingkungan kerja
45. **Visitasi**, merupakan kunjungan berlangsungnya proses produksi

F. Implementasi

Implementasi, menerapkan secara KISSS (Koordinasi, Integrasi, Sinkron, Sinergi, Sempel).

G. Culture/ Climate/ Control

Culture/ Climate/ Control, melakukan pembudayaan K3 di lingkungan kerja, kemudian dilakukan kontrol, monitoring dan evaluasi secara berkala.

Berawal dari laporan International Atomic Energy Authority (IAEA) pada tahun 1991 tentang kecelakaan yang terjadi di Chernobyl yang memperkenalkan budaya keselamatan, perhatian akan budaya keselamatan pada suatu organisasi mulai dilirik sebagai salah satu penyebab terjadinya major accident. Usaha untuk menurunkan tingkat kecelakaan dimulai dari usaha untuk memperbaiki dan meningkatkan teknologi (engineering, equipment, safety, compliance) dan sistem (integrating HSE, certification, competence, risk assessment), tetapi teknologi dan sistem ini tidak dapat menurunkan tingkat kecelakaan sampai pada tingkat yang diinginkan. Kemudian pada akhir tahun 1990 dilakukan pendekatan budaya (behavior, leadership, accountability, attitudes, HSE as profit center), ternyata pendekatan ini dapat menurunkan tingkat kecelakaan ke level yang lebih rendah.

Tingkatan paling bawah dari budaya keselamatan adalah **pathological**, dimana pada kondisi ini setiap orang yang ada dalam organisasi tidak ada yang peduli satu sama lain karena menganggap hal tersebut adalah tanggung jawab dan risiko masing-masing. Tingkatan kedua sedikit lebih baik daripada tingkatan pertama yaitu **reaktif**, dimana sudah terbentuk budaya bertindak setelah terjadi kecelakaan atau kegagalan. Tingkatan ketiga adalah **calculative** dimana pada tingkatan ini sudah terdapat sistem pengendalian bahaya dan risiko di tempat kerja. Tingkatan keempat adalah **proaktif** dimana safety leadership dan values sudah diterapkan, dan perbaikan secara terus menerus sudah dilakukan dengan melibatkan pekerja untuk bersifat proaktif dalam mengidentifikasi potensi bahaya dan risiko.

Tingkatan paling tinggi adalah **generatif**, pada tingkatan ini Keselamatan dan Kesehatan Kerja sudah merupakan bagian dari setiap proses dan kegiatan bisnis pada perusahaan tersebut dalam segala tingkatan. Edgar Schein, ahli psikologi organisasi, mengembangkan model tentang budaya organisasi yang dikelompokkan pada tiga tingkatan yaitu sesuatu yang dapat langsung teramati yang disebut artifak dan perilaku, sedangkan yang tidak teramati tapi bisa diketahui dan dijabarkan adalah tata

nilai, dan yang terakhir adalah asumsi dasar. Menurut model ini setiap budaya keselamatan pada hakekatnya mempunyai karakteristik tertentu. Karakteristik tersebut akan tampak pada tiap tingkatan baik pada tingkat artifak dan perilaku, tingkat tata nilai maupun pada tingkat asumsi dasar. Budaya keselamatan dapat ditinjau dari kaca mata ketidakpastian manajemen organisasi. Ada dua pendekatan terhadap ketidakpastian organisasi, yaitu:

1. Meminimalkan ketidakpastian (minimizing uncertainties-MU)
2. Mengatasi ketidakpastian (Coping with uncertainties-CU)

Terdapat kekurangan dan kelebihan masing-masing dari kedua metode pendekatan diatas. Sistem budaya keselamatan diusulkan untuk mengkoordinasikan dan mengintegrasikan kedua metode tersebut. Berdasarkan konsep socio-technical model dari budaya keselamatan dikembangkan angket pertanyaan yang dapat digunakan untuk audit manajemen dan budaya keselamatan. Ada 3 pendekatan konsep **socio-technical** model yaitu Proactive, Socio-technical integration dan Values consciousness. Mengaitkan sistem manajemen, budaya keselamatan dan socio technical model dapat mengurangi kelemahan budaya keselamatan, karena:

1. Budaya keselamatan akan lebih terpancang dan mengakar pada keseluruhan organisasi.
2. Desain organisasi akan terhubung dengan prinsip keselamatan baik dari sisi material dan immaterial (moral).

Peran budaya keselamatan dalam pendekatan CU adalah soft coordination sementara pendekatan MU adalah hard coordination. Pendekatan CU dengan soft coordination lebih sesuai dilakukan untuk peningkatan partisipasi, keterlibatan, perilaku, tanggungjawab, kepemimpinan dan interaksi team. Sementara pendekatan MU dengan hard coordination lebih menekankan pada perintah dan kontrol sehingga lebih sesuai untuk pekerjaan rutin. Untuk mengembangkan budaya keselamatan yang positif ada beberapa point yang harus dilakukan yaitu: merubah sikap dan perilaku, komitmen manajemen, keterlibatan karyawan, strategi promosi, training dan seminar, dan spesial program. Budaya keselamatan yang positif memiliki lima komponen:

1. Komitmen manajemen terhadap keselamatan
2. Perhatian manajemen terhadap pekerja
3. Kepercayaan antara manajemen dan pekerja
4. Pemberdayaan pekerja
5. Pengawasan, tindakan perbaikan, meninjau ulang sistem dan perbaikan secara terus menerus.

Ada dua pendekatan untuk mengukur kinerja sistem keselamatan:

1. Reactive, downstream or lagging indicators
2. Proactive, upstream or leading indicators.

Berdasarkan hasil kajian berbagai literatur tentang budaya keselamatan yang dilakukan oleh Choudhry R.M., et al. maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Ditemukan banyak organisasi termasuk bidang konstruksi yang sangat tertarik dengan konsep budaya keselamatan sebagai media untuk mengurangi kecelakaan kerja.
2. Dari sisi definisi dapat ditegaskan bahwa budaya keselamatan tidak sama dengan iklim keselamatan. Iklim keselamatan merupakan produk dari budaya keselamatan.

3. Budaya keselamatan yang positif akan menghasilkan sistem manajemen keselamatan yang efektif.

Ada beberapa jenis metodologi yang digunakan dalam melakukan kajian perilaku dan budaya keselamatan dalam suatu organisasi dengan tujuan yang berbeda-beda. Kajian perilaku dan budaya keselamatan dapat dilakukan untuk melihat pada tahap mana perilaku dan budaya keselamatan suatu organisasi berada atau untuk melihat hubungan antara tingkat kecelakaan dengan perilaku dan budaya keselamatan. Setiap organisasi selalu memiliki ciri-ciri atau karakteristik sendiri-sendiri. Untuk melihat ciri dan karakteristik tersebut dapat dilakukan dengan metode survey pada seluruh pegawai dan juga pada organisasi. Data yang diinginkan dapat diperoleh melalui metode wawancara, kuesioner, diskusi kelompok terfokus maupun dengan cara pengamatan. Tentunya setiap metode yang ada mempunyai kelebihan dan keterbatasannya sendiri-sendiri.

Data yang diperoleh tentunya ada yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif dan masing-masing membutuhkan cara analisis tersendiri untuk memperoleh suatu kesimpulan yang tepat:

1. Penyebaran Angket (Questionare)

Metode yang paling sering digunakan dalam berbagai penelitian perilaku dan budaya keselamatan adalah penyebaran angket secara langsung kepada para pekerja untuk mendapat informasi dan data. Angket digunakan di dalam survey atau sensus untuk memperoleh laporan fakta, sikap dan pernyataan subjektif lainnya. Ada tiga perspektif teori yang harus diperhatikan dalam membuat angket, yaitu (Martin, 2006):

a. Model Standar (The Model of the Standardized Survey Interview)

Menurut teori ini angket harus terdiri dari pertanyaan standar dengan tolok ukur yang sama sehingga jawaban atau respon dari responden dapat dibandingkan satu sama lainnya.

b. Question Answering as a Sequence of Cognitive Tasks

Teori ini distimulasi oleh usaha untuk mengaplikasikan psikologi kognitif. Responden harus melakukan serangkaian tugas pengamatan untuk menjawab pertanyaan dari angket. Mereka harus memahami dan menginterpretasikan pertanyaan, menggali informasi dari ingatan, memadukan informasi dan kemudian baru merespon pertanyaan.

c. Wawancara sebagai Percakapan (The Interview as Conversation)

Responden tidak harus mengartikan dan menjawab pertanyaan secara harfiah, akan tetapi mereka dapat menyimpulkan dan mengartikan pertanyaan tersebut sesuai dengan pemahaman dan kondisi mereka. Pertanyaan dibuat dalam bentuk naskah komunikasi yang memungkinkan adanya interaksi antara penanya dan responden.

2. Wawancara

Wawancara adalah percakapan dan tanya jawab yang dilakukan dengan tujuan untuk mendapat informasi yang diinginkan dari informan. Biasanya pertanyaan diarahkan pada pokok-pokok permasalahan atau isu-isu yang ingin di eksplorasi yang tidak dapat diperoleh dengan metode lain. Ada beberapa jenis wawancara yang dapat dilakukan yaitu:

- a. Wawancara informal; pertanyaan-pertanyaan berkembang secara spontan dalam interaksi alamiah.
- b. Wawancara dengan pedoman umum; pertanyaan-pertanyaan yang bersifat umum dan terbuka sudah disiapkan sebelum wawancara dilakukan.
- c. Wawancara dengan pedoman terstandar yang terbuka; pertanyaan sudah ditulis secara rinci, lengkap dengan set pertanyaan dan penjabaran kalimatnya.

Hal terpenting yang harus diperhatikan dalam wawancara adalah:

- a. Sumber informasi atau informan yang akan di wawancara.
- b. Disain pertanyaan yang akan diajukan harus mengarah pada tujuan wawancara untuk mendapatkan informasi yang diinginkan.
- c. Pencatatan informasi yang diperoleh selama wawancara untuk mendapatkan poin-poin yang diinginkan.

3. Fokus Grup Diskusi (FGD)

FGD adalah salah satu teknik dalam mengumpulkan data kualitatif, dimana sekelompok orang berdiskusi dibawah arahan dari seorang moderator mengenai suatu topik. Kelompok diskusi harus cukup kecil (6-12 orang) sehingga memungkinkan setiap individu untuk berbicara. FGD bertujuan untuk mengumpulkan data mengenai persepsi peserta terhadap topik yang dibahas, akan tetapi tidak mencari konsensus dan tidak mengambil keputusan mengenai tindakan apa yang harus dilakukan. FGD akan memberikan data yang mendalam mengenai persepsi dan pandangan peserta. Oleh karena itu digunakan pertanyaan terbuka yang memungkinkan peserta untuk memberikan jawaban dan penjelasannya. Moderator hanya sebagai pengarah, pendengar, pengamat dan menganalisa data dengan menggunakan proses induktif (Kresno et al., 2000).

4. Observasi

- a. Observasi adalah kegiatan memperhatikan secara akurat, mencatat fenomena yang muncul, mempertimbangkan hubungan antar aspek dalam fenomena tersebut. Tujuan observasi adalah untuk mendeskripsikan setting yang dipelajari, aktivitas-aktivitas yang berlangsung dan makna kejadian yang diamati tersebut. Deskripsi harus akurat, faktual sekaligus teliti tanpa harus dipenuhi berbagai catatan panjang lebar yang tidak relevan. Patton (1990) mengatakan data hasil observasi menjadi data penting karena (Poerwandari, 2005):
- b. Peneliti akan mendapatkan pemahaman lebih baik tentang konteks yang diamati.
- c. Memungkinkan peneliti untuk bersikap terbuka, berorientasi pada penemuan daripada pembuktian, dan mendekati masalah secara induktif.
- d. Memungkinkan peneliti mengamati hal-hal yang oleh partisipan sendiri kurang disadari.
- e. Memungkinkan memperoleh data yang tidak diungkapkan oleh subyek yang diteliti.
- f. Memungkinkan bergerak lebih jauh dari presepsi selektif yang ditampilkan subyek.
- g. Memungkin peneliti merefleksikan dan bersikap introspektif terhadap penelitian yang dilakukannya.

5. Studi Kasus

Studi kasus dapat membuat peneliti memahami secara utuh dan terintegrasi mengenai interelasi berbagai fakta dan dimensi dari kasus yang dipelajari. Studi kasus dapat dibedakan dalam beberapa tipe (Poerwandari, 2005):

a. Studi kasus intrinsik

Penelitian dilakukan karena ketertarikan atau kepedulian pada suatu kasus. Penelitian dilakukan untuk memahami secara utuh kasus tersebut, tanpa harus dimaksudkan untuk menghasilkan konsep-konsep/ teori ataupun tanpa upaya mengeneralisasi.

b. Studi kasus instrumental

Penelitian pada suatu kasus unik tertentu. Dilakukan untuk memahami isu dengan lebih baik, juga untuk mengembangkan dan memperhalus teori.

c. Studi kasus kolektif

Suatu studi kasus instrumental yang diperluas sehingga mencakup beberapa kasus. Tujuannya adalah untuk mempelajari fenomena/ populasi/ kondisi umum dengan lebih mendalam. Karena menyangkut kasus majemuk dengan fokus baik di dalam tiap kasus maupun antar kasus, studi kasus ini juga sering disebut studi kasus majemuk atau studi kasus komparatif.

Dalam studi kasus, pengumpulan data dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti wawancara, audit dokumen, observasi dan lain sebagainya.

6. Audit Dokumen dan Catatan

Dokumen dan catatan sudah lama digunakan dalam penelitian sebagai sumber informasi atau data. Dokumen dan catatan yang digunakan dalam penelitian tentunya adalah dokumen dan catatan resmi yang dapat dipertanggungjawabkan, seperti laporan kecelakaan, work permit, work instruction, laporan hasil rapat. Alasan penggunaan dokumen dan catatan sebagai sumber data adalah sebagai berikut (Moleong, 2005):

- a. Merupakan sumber yang stabil, kaya dan mendorong.
- b. Berguna sebagai bukti untuk suatu pengujian.
- c. Mudah diperoleh.

7. KJ Analysis (Affinity Diagram)

KJ analysis atau yang banyak dikenal dengan nama affinity diagram adalah suatu teknik dalam menggali dan mengorganisasi informasi verbal kedalam bentuk visual terstruktur. Metode ini dikembangkan oleh Jiro Kawakita pada tahun 1960, dan banyak digunakan sebagai tools untuk perbaikan atau peningkatan kinerja bisnis. Suatu KJ analysis dimulai dengan suatu ide yang spesifik yang dapat kemudian dikembangkan menjadi kategori yang lebih luas. KJ analysis dapat digunakan untuk:

- a. Menentukan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap suatu masalah atau kegagalan.
- b. Mengidentifikasi area-area yang dapat diperbaiki.

KJ analysis merupakan suatu tools yang sangat bagus digunakan untuk mengajak peserta diskusi untuk lebih kreatif dalam mencari solusi suatu permasalahan. Metode ini sangat baik digunakan dalam suatu kelompok yang

memiliki latar belakang dan keahlian yang berbeda-beda, atau situasi yang cukup rumit dan membingungkan dimana situasi yang dihadapi belum tergalai atau diketahui secara baik oleh peserta diskusi. Beberapa hal yang unik dari metode KJ analysis adalah:

- a. **Affinity silently**; adalah cara yang paling efektif dalam menyampaikan ide dalam sebuah kelompok yaitu dengan menampilkan ide secara tertulis tanpa bicara. Hal ini memiliki dua hal yang positif yaitu mendorong cara berfikir yang tidak konvensional dan yang kedua mengurangi pertengkaran atau pertentangan.
- b. **Go for gut reaction**; adalah mendorong anggota kelompok untuk bereaksi cepat terhadap apa yang dilihat atau dipikirkan. Dan semua anggota kelompok dapat menyampaikan apa yang ada dalam pikirannya.
- c. **Handle disagreement simply**; adalah cara sederhana untuk menangani ketidaksepakatan dalam cara pandang terhadap suatu ide. Jika seseorang atau anggota kelompok tidak setuju terhadap suatu ide pada kategori tertentu, mereka tinggal memindahkan kedalam kategori yang lebih tepat hingga ditemukan konsensus, jika tidak ditemukan konsensus maka dapat dibuat duplikat ide untuk kedua kategori.

Metode ini dilakukan dengan cara brainstorming untuk mendapatkan ide-ide dari peserta diskusi sesuai dengan topik diskusi. Brainstorming dilakukan bukan dengan menyampaikan pendapat secara verbal akan tetapi disampaikan secara tertulis diatas sepotong kertas berupa kartu atau post-it note. Kemudian ide-ide atau pendapat tersebut ditempelkan pada papan tulis atau dinding dimana memungkinkan untuk mengelompokkan ide-ide yang sama kedalam satu kategori.

Semua peserta kelompok diskusi diajak untuk membaca semua ide-ide yang tertempel dan mengelompokkan secara bersama-sama untuk mendapatkan konsensus serta memberi nama kategori-kategori tersebut. Melalui diskusi dengan peserta kemudian dicari hubungan sebab dan akibat dari semua kategori yang ada.

Metode-metode tersebut diatas dapat digunakan secara sendiri-sendiri atau gabungan beberapa metode, hal ini tentunya tergantung dari jenis dan kedalam informasi yang ingin diperoleh. Namun dalam banyak penelitian budaya dan perilaku keselamatan, metode yang paling sering digunakan adalah metode penyebaran angket. Beberapa penelitian menggabungkan penyebaran angket dengan fokus grup diskusi dan audit dokumen dan catatan untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif.

H. Knowledge/ Knowhow

Knowledge/ Knowhow, melakukan pengembangan untuk penelitian dan diklat sebagai tindakan lebih lanjut.

I. Standarisasi

Standarisasi, merupakan aturan perundangan yang mengatur tentang K3, seperti UU K3, keputusan menteri, ISO, NIOSH, OHSAS.

1. Undang Undang

- a. UU No.1 tahun 1970 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
- b. UU No.23 tahun 1992 tentang Kesehatan.

c. Undang-undang Nomor 13 tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan.

2. Keputusan Menteri

- a. Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor: Kep-51/Men/1999 Tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika di tempat kerja.
- b. Keputusan Menteri Tenaga Kerja RI Nomor: Kep-187/Men/1999 Tentang Pengendalian Bahan Kimia Berbahaya di tempat kerja.
- c. Keputusan Presiden Nomor 22 tahun 1993 tentang Penyakit yang timbul Akibat hubungan Kerja.
- d. Keputusan Menteri Kesehatan Nomor 876/Menkes/SK/IX/VIII/2001 tentang Pedoman teknis analisis dampak lingkungan.
- e. Keputusan Menteri kesehatan Nomor 1217/Menkes/SK/IX/2001 tentang pedoman penanganan dampak radiasi.
- f. Keputusan Menteri kesehatan Nomor 315/Menkes/SK/III/2003 tentang komite keselamatan dan kesehatan kerja sektor kesehatan.

3. Peraturan Menteri

Peraturan Menteri Tenaga Kerja No: PER.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

4. Peraturan Pemerintah

Peraturan Pemerintah Nomor 27 tahun 1999 tentang Analisis Mengenai Dampak Lingkungan.

5. Surat Edaran

Surat Edaran Dirjen Binawas No.SE.05/BW/1997 tentang Penggunaan Alat Pelindung Diri.

6. NIOSH

7. OHSAS 18001 & 18002

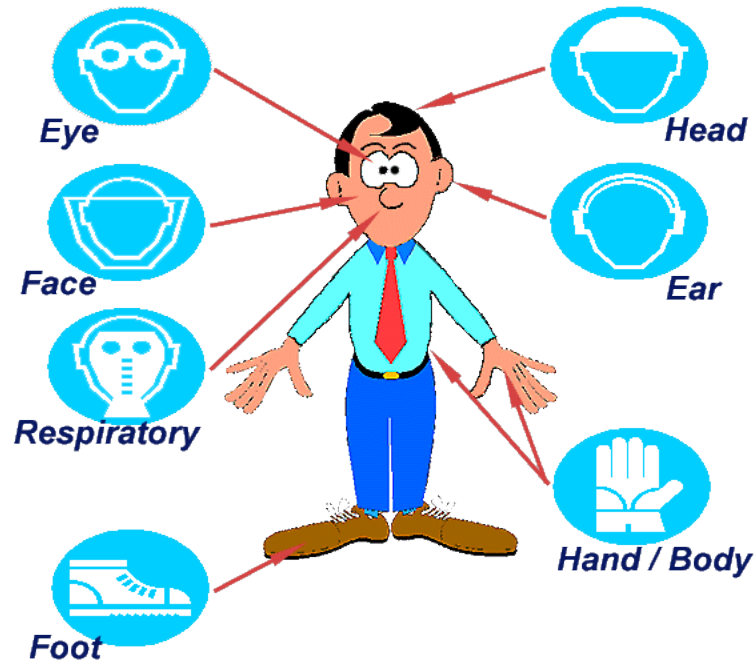
8. ISO 18000

9. ISO 19000

10. ISO 9001 & 14001

**BAB VIII
ALAT PELINDUNG DIRI**

A. Alat Pelindung Diri



Gambar 8.1. Perlengkapan APD

1. <u>membantu mengurangi tingkat kecelakaan di tempat kerja</u>	○ tujuan APD ○
2. <u>membantu meningkatkan produktivitas dan efisiensi produksi akibat kecelakaan kerja</u>	
3. <u>membantu mengurangi cacat produksi akibat kecelakaan kerja</u>	
4. <u>membantu meningkatkan kesadaran pekerja akan pentingnya menggunakan APD</u>	
5. <u>membantu meningkatkan kesehatan kerja dan mengurangi penyakit akibat kerja</u>	
6. <u>membantu meningkatkan pengetahuan pekerja akan bahaya di tempat kerja dan alat pelindung diri</u>	
7. <u>memberikan pemahaman yang lebih luas kepada pihak manajemen akan pentingnya alat pelindung diri yang digunakan pekerja dan perusahaan</u>	
Sasaran utama dari penganan program promosi kesehatan khususnya penggunaan APD adalah manajemen perusahaan dan pekerja	

Pengertian Alat pelindung diri adalah kelengkapan yang wajib digunakan saat bekerja sesuai kebutuhan untuk menjaga keselamatan pekerja itu sendiri dan orang di sekelilingnya. Alat Pelindung Diri (APD) merupakan seperangkat perlengkapan yang digunakan pekerja untuk melindungi seluruh atau sebagian tubuhnya terhadap kemungkinan adanya potensi bahaya kecelakaan kerja. Alat pelindung diri dipakai sebagai upaya terakhir dalam usaha melindungi tenaga kerja apabila usaha rekayasa (engineering) dan administratif tidak dapat dilakukan dengan baik. Namun pemakaian APD bukanlah pengganti dari kedua usaha tersebut, namun sebagai usaha akhir. Perlengkapan APD yang biasa digunakan ketika bekerja diantaranya: pelindung kepala, pelindung mata, pelindung telinga, pelindung pernafasan, pelindung tangan, pelindung kaki, pakaian pelindung, tali dan sabuk pengaman (Depdiknas, 2003). Alat pelindung diri sering disebut juga Personal Protective Equipment (PPE). Perlengkapan pelindung pribadi termasuk semua pakaian dan aksesoris pekerjaan yang dirancang untuk menciptakan sebuah proteksi terhadap bahaya tempat kerja.

B. Dasar Hukum Alat Pelindung Diri

1. Undang-undang No.1 tahun 1970.
 - a. Pasal 3 ayat (1) butir f: Dengan peraturan perundangan ditetapkan syarat-syarat untuk memberikan APD
 - b. Pasal 9 ayat (1) butir c: Pengurus diwajibkan menunjukkan dan menjelaskan pada tiap tenaga kerja baru tentang APD.
 - c. Pasal 12 butir b: Dengan peraturan perundangan diatur kewajiban dan atau hak tenaga kerja untuk memakai APD.
 - d. Pasal 14 butir c: Pengurus diwajibkan menyediakan APD secara cuma-cuma.
2. Permenakertrans No.Per.01/MEN/1981 Pasal 4 ayat (3) menyebutkan kewajiban pengurus menyediakan alat pelindung diri dan wajib bagi tenaga kerja untuk menggunakannya untuk pencegahan penyakit akibat kerja.
3. Permenakertrans No.Per.03/MEN/1982 Pasal 2 butir I menyebutkan memberikan nasehat mengenai perencanaan dan pembuatan tempat kerja, pemilihan alat pelindung diri yang diperlukan dan gizi serta penyelenggaraan makanan ditempat kerja.
4. Permenakertrans No.Per.03/Men/1986 Pasal 2 ayat (2) menyebutkan tenaga kerja yang mengelola Pestisida harus memakai alat-alat pelindung diri yg berupa pakaian kerja, sepatu lars tinggi, sarung tangan, kacamata pelindung atau pelindung muka dan pelindung pernafasan

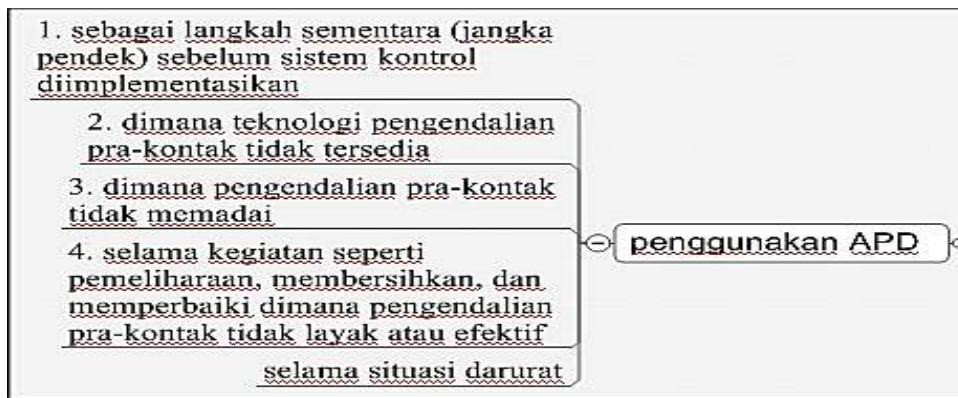
C. Pemilihan Alat Pelindung Diri



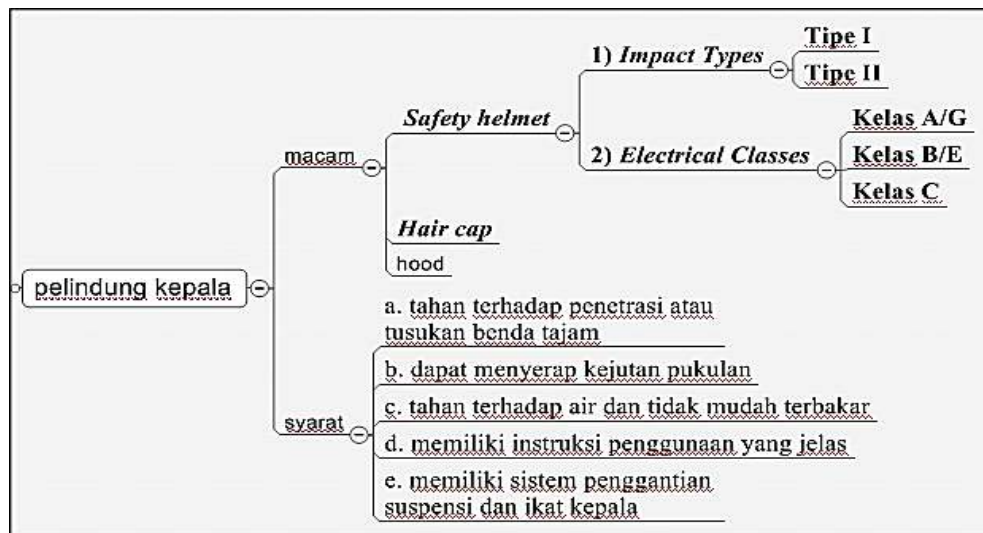
Dalam pemilihan APD haruslah memilih peralatan pelindung yang dapat memberikan perlindungan terhadap bahaya, dimana APD tersebut memenuhi standar yang berlaku pada saat ini, seperti NIOSH, OSHA, ANSI, JIS, dan lain sebagainya. Aspek-aspek lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan APD adalah:

1. Bentuknya cukup menarik.
2. Dapat dipakai secara fleksibel.
3. Tahan untuk pemakaian yang cukup lama.
4. Seringan mungkin dan tidak menyebabkan rasa ketidak nyamanan yang lebih.
5. Dapat memberikan perlindungan yang kuat terhadap bahaya yang spesifik yang dihadapi oleh pekerja.
6. Tidak menimbulkan bahaya tambahan bagi pemakaiannya yang dikarenakan bentuk dan bahayanya tidak tepat atau salah dalam penggunaannya.
7. Suku cadang mudah diperoleh untuk mempermudah pemeliharaan.

D. Jenis-jenis Alat Pelindung Diri (APD) dan Kegunaannya



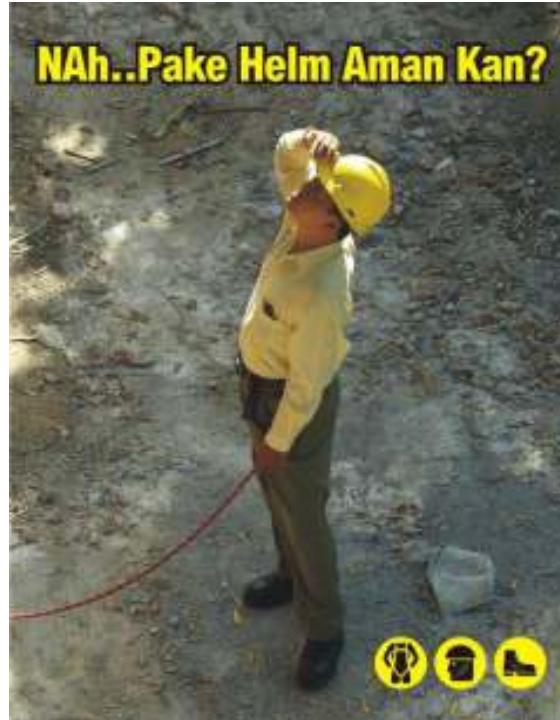
1. Alat Pelindung Kepala



Pelindung kepala berfungsi untuk melindungi kepala dari bahaya. Perlindungan terhadap kepala merupakan hal yang sangat penting, karena cedera kepala dapat berakibat fatal bagi pekerja. Alat pelindung kepala terbuat dari material yang tahan terhadap benturan sehingga mampu melindungi kepala dari cedera apabila terjadi benturan keras atau terkena benda tajam, serta melindungi dari sengatan listrik. Kemudian melindungi kepala dari kebakaran, korosif, uap- uap, panas atau dingin.

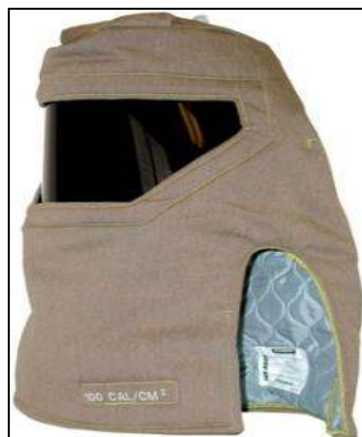
Secara umum, alat pelindung kepala harus memenuhi syarat berikut:

- a. Tahan terhadap penetrasi atau tusukan benda tajam.
- b. Dapat menyerap kejutan pukulan.
- c. Tahan terhadap air dan tidak mudah terbakar.
- d. Memiliki instruksi penggunaan yang jelas.
- e. Memiliki sistem penggantian suspensi dan ikat kepala.



Pelindung kepala dibedakan menjadi 3 macam, yaitu: hood, hair cap dan safety helmet.

- a. **Hood** , Digunakan untuk melindungi kepala dari bahaya bahan kimia, api dan panas radiasi yang tinggi, perubahan iklim, dll. Hood/topi/tudung terbuat dari bahan yang tidak mempunyai celah atau lubang, biasanya terbuat dari asbes, kulit, wool, katun yang dicampur dengan aluminium, dll.



Gambar 8.2. Hood/Topi/Tudung

- b. **Hair cap**, digunakan untuk melindungi rambut dari bahaya kotoran atau debu, terperjat oleh mesin yang berputar. Hair cap/ penutup rambut biasanya terbuat dari katun atau bahan lainnya yang mudah dicuci.



Gambar 8.3. Hair Cap / Penutup Rambut

- c. **Safety helmet**, digunakan untuk melindungi kepala dari bahaya kejatuhan benda-benda keras.



Gambar 8.4. Safety Helmet / Helm Pengaman

OSHA (Occupational Safety and Health Administration) merekomendasikan helm pengaman harus mempunyai persyaratan kerja dan telah memenuhi standar ANSI Z89.1. Standar klasifikasi dibedakan menjadi 2 yaitu impact types dan electrical classes. Impact types dibedakan menjadi tipe I dan tipe II, sedangkan electrical classes dibedakan menjadi kelas A/G, kelas B/E, dan kelas C. Semua helm pengaman yang digunakan harus mempunyai label ANSI di bagian dalam shell helm. Label ini untuk mengidentifikasi jenis dan standar kelas, apabila label ini hilang atau tidak dapat dibaca sebaiknya diganti dengan helm yang baru dan sesuai standar.

1) Impact Types

- a) **Tipe I**, dirancang untuk mengurangi kekuatan dampak yang ditimbulkan akibat pukulan hanya di bagian atas kepala.
- b) **Tipe II**, dirancang untuk mengurangi kekuatan dampak yang ditimbulkan akibat pukulan yang diterima dari pusat ke bagian atas kepala.

2) Electrical Classes

- a) **Kelas A/G (General)**, dirancang untuk melindungi kepala dari benda yang jatuh dan bahaya paparan kontak arus listrik terhadap konduktor tegangan rendah, sampel uji sampai 2.200 Volt (fase ke tanah).
- b) **Kelas B/E (Electrical)**, dirancang untuk melindungi kepala dari benda yang jatuh dan bahaya paparan terhadap konduktor tegangan tinggi, sampel uji sampai 20.000 Volt (fase ke tanah).
- c) **Kelas C (Conductive)**, dirancang untuk melindungi kepala dari benda yang jatuh, tetapi tidak melindungi dari kejutan listrik dan tidak melindungi dari bahan korosif.

Pelindung kepala sesuai dengan persyaratan kinerja yang diterbitkan oleh ANSI (American National Standards Institute), yaitu:

Tabel 8.1. Persyaratan Kinerja Pelindung Kepala Menurut ANSI

	Class G	Class E	Class C
Description	General service, limited voltage protection	Utility service, high voltage protection	General service, metallic, no voltage protection
Material	Water resistant, slow burning	Water resistant, slow burning	Water resistant, slow burning
Insulation Resistance	2200V, 60Hz for 1 min. with 3 mA max. leakage	20,000V, 60Hz for 3 min. with 9 MA max. leakage	N/A
Flammability (Burn Rate)	3 in/min max	3 in/min. max	N/A
Impact Resistance (Transmitted Force)	850 lb average 1000 lb maximum	850 lb average 1000 lb maximum	850 lb average 1000 lb maximum
Penetration Resistance	3/8 in maximum	3/8 in maximum	7/16 in maximum
Standard	Z89.1-1969	Z89.2-1971	Z89.1-1969

Ketentuan pembuatan helm harus memenuhi syarat umum dan syarat khusus:

1) Syarat Umum

- a) Bagian luar harus kuat dan tahan terhadap benturan atau tusukan benda tajam, dilakukan pengujian dengan cara dijatuhkan benda seberat 3 kg dari ketinggian 1 m, helm tidak boleh pecah atau benda tidak boleh menyentuh kepala.
- b) Jarak antara lapisan luar dan lapisan dalam di bagian puncak 4 - 5 cm.
- c) Tidak menyerap air, dilakukan pengujian dengan merendam helm selama 24 jam, air yang diserap kurang dari 5 % berat helm.
- d) Tahan terhadap api, dilakukan pengujian dengan cara dibakar selama 10 detik dengan pembakar bunsen atau propan, dengan nyala api bergaris tengah 1 cm, api harus padam setelah 10 detik.

2) Syarat Khusus

- a) Tahan terhadap listrik tegangan tinggi, dilakukan pengujian dengan mengalirkan arus bolak-balik 20.000 Volt 60 Hz, selama 3 menit, kebocoran yang terjadi harus kecil kurang dari 9 mA.
- b) Tahan terhadap listrik tegangan rendah, dilakukan pengujian dengan mengalirkan arus bolak-balik 2.200 Volt 60 Hz, selama 1 menit, kebocoran yang terjadi harus kecil kurang dari 9 mA.
- c) Tidak boleh terdapat lubang.
- d) Tidak menggunakan bagian-bagian dari logam.

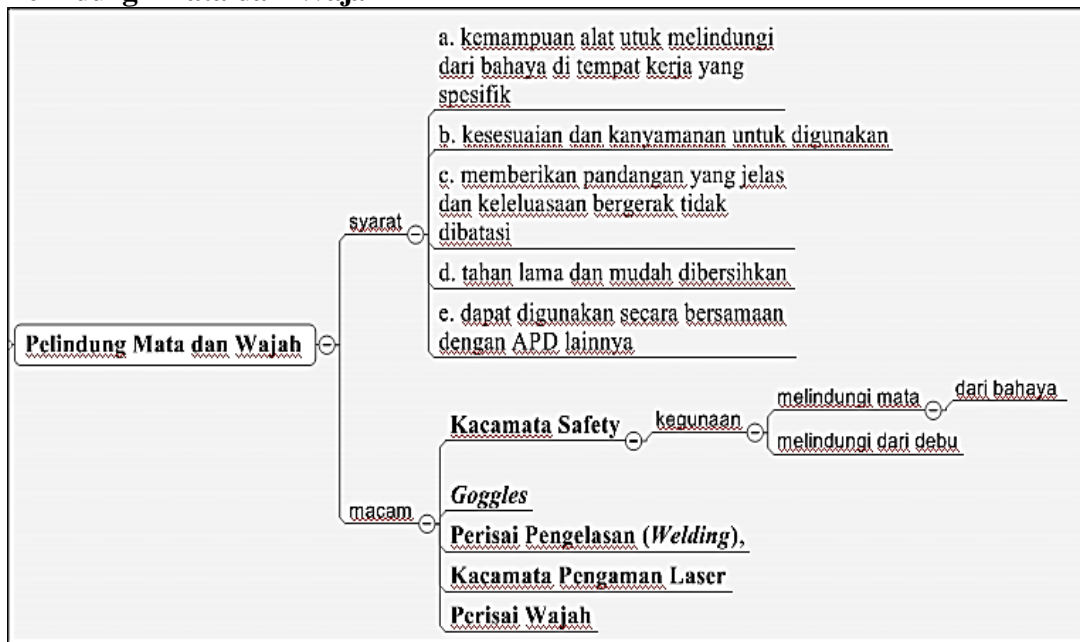
Pertimbangan dalam memilih helm adalah ukuran dan kemudahan perawatan. Ukuran helm yang terlalu besar atau kecil tidak akan memberikan kenyamanan ketika digunakan dan perlindungan yang maksimal terhadap kepala. Helm pengaman harus sesuai dengan ukuran kepala pemakai, biasanya helm terdapat beberapa ukuran yang dilengkapi sistem perubah sehingga dapat disesuaikan dengan ukuran kepala. Beberapa jenis helm dilengkapi dengan aksesoris seperti slot untuk tutup telinga, kacamata pengaman, pelindung wajah, lampu senter.



Gambar 8.5. Helm dengan Aksesori

Perawatan helm pengaman harus dilakukan secara berkala agar tetap terjaga dan tahan lama. Perawatan yang dilakukan seperti melakukan pengecekan terhadap tali pengikat, sistem suspensi, dan bagian topi untuk memastikan tidak ada keretakan atau lubang maupun kerusakan lainnya yang dapat merugikan pemakai.

2. Pelindung Mata dan Wajah



Pelindung mata dan wajah berfungsi untuk melindungi mata dari percikan bahan-bahan korosif, kemasukan debu atau partikel kecil yang melayang di udara, pemaparan gas uap yang menyebabkan iritasi mata, radiasi gelombang elektromagnetik, serta benturan atau pukulan benda keras. Pemilihan jenis alat pelindung mata dan wajah harus disesuaikan kebutuhan dan kondisi pekerja dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

- Kemampuan alat untuk melindungi dari bahaya di tempat kerja yang spesifik.
- Kesesuaian dan kenyamanan untuk digunakan.
- Memberikan pandangan yang jelas dan keleluasaan bergerak tidak dibatasi.
- Tahan lama dan mudah dibersihkan.
- Dapat digunakan secara bersamaan dengan APD lainnya.

Ketentuan pembuatan pelindung mata dan wajah harus memenuhi syarat berikut meliputi:

- Ketahanan terhadap api sama dengan helm.

- b. Ketahanan terhadap lemparan benda-benda, dilakukan pengujian dengan cara bola 1 inchi dijatuhkan bebas dengan ketinggian 125 cm, tepat mengenai lensa di titik pusat geometris lensa, dan lensa tidak boleh pecah dan bergeser dari frame.
- c. Syarat optik tertentu: lensa tidak boleh mempunyai efek distorsi / efek prisma $> 1/16$ prisma dioptri, artinya perbedaan refraksi harus $< 1/16$ dioptri.
- d. Alat pelindung mata terhadap radiasi, kacamata tahan terhadap panjang gelombang tertentu, standard amerika terdapat 16 jenis kaca dengan sifat tertentu.

Beberapa jenis alat pelindung mata dan wajah sesuai dengan standar yang direkomendasikan oleh OSHA adalah standar ANSI Z87.1, meliputi:

- a. **Kacamata Safety**, terbuat dari bahan yang memiliki kemampuan untuk melindungi mata dengan lensa yang tahan terhadap benturan dan frame dari plastik atau logam. Beberapa model didesain memiliki perisai samping.



Gambar 8.6. Kacamata Safety

- b. **Goggles**, merupakan kacamata pelindung yang menutupi semua area di sekitar mata. Goggles berfungsi melindungi mata dari debu dan percikan bahan kimia cair. Model goggles didesain lebih besar sehingga dapat digunakan secara bersamaan dengan kacamata optik positif atau negatif.



Gambar 8.7. Goggles

- c. **Perisai Pengelasan (Welding)**, umumnya terbuat dari fiberglass dan dilengkapi dengan lensa saring, sehingga dapat melindungi mata dari luka bakar akibat radiasi sinar inframerah yang berasal dari pengelasan. Perisai juga dapat melindungi wajah dari percikan api dan logam panas dari pengelasan. OSHA mensyaratkan lensa filter memiliki nomor penebus (shade number) yang bisa diatur sesuai dengan radiasi sinar ketika pengelasan.



Gambar 8.8. Perisai Pengelasan (Welding)

- d. **Kacamata Pengaman Laser**, digunakan khusus untuk melindungi mata dari sinar laser. Pemilihan jenis kacamata ini tergantung dengan peralatan dan kondisi di tempat kerja.



Gambar 8.9. Kacamata Pengaman Laser

- e. **Perisai Wajah**, terbuat dari lembaran plastik transparan yang dapat menutupi semua wajah, sehingga dapat melindungi semua wajah dari percikan atau semprotan cairan atau debu berbahaya. Perisai wajah tidak dapat melindungi dari bahaya benturan, sehingga harus digunakan bersamaan dengan kacamata safety untuk perlindungan terhadap benturan.

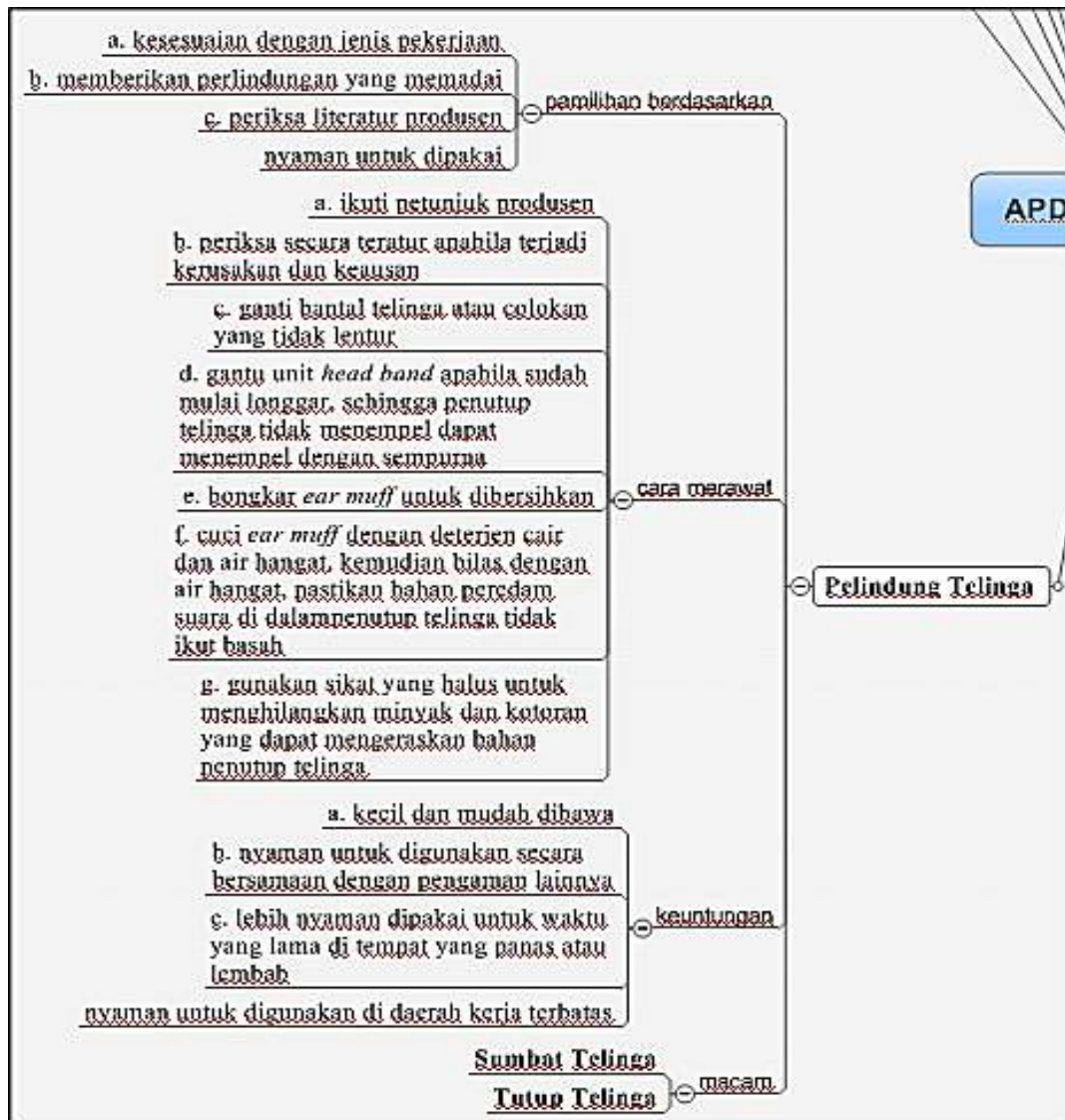


Gambar 8.10. Perisai Wajah

Setiap jenis pelindung mata dan wajah telah dirancang untuk melindungi dari bahaya-bahaya secara spesifik, sehingga perlu dilakukan identifikasi bahaya sebelum menentukan jenis pelindung yang akan digunakan. Banyak kejadian kecelakaan yang melukai mata atau wajah akibat pekerja tidak menggunakan alat pelindung atau menggunakan dengan cara yang tidak benar. Salah satu yang sering menjadi masalah adalah pekerja yang mempunyai kelainan mata dan menggunakan kacamata positip atau negatip (kacamata optik).

Banyak perusahaan yang memperbolehkan pekerja hanya menggunakan kacamata optik saja tanpa ditambah dengan kacamata safety, tetapi ada juga perusahaan yang mewajibkan pekerja menggunakan kacamata safety dan memaksa melepas kacamata optik sehingga mengganggu penglihatan pekerja. Kedua cara tersebut tidak dibenarkan, menggunakan kacamata optik tanpa kacamata safety adalah berbahaya karena kacamata optik bukan kacamata pelindung, demikian juga ketika melepas kacamata optik dan hanya menggunakan kacamata safety juga berbahaya karena dapat mengganggu penglihatan. Hal ini menjadi tanggungjawab manajemen perusahaan untuk menyediakan kacamata safety yang dapat digunakan secara bersamaan dengan kacamata optik.

3. Pelindung Telinga



Metode untuk melindungi pendengaran dari kebisingan dapat dilakukan dengan mengurangi kebisingan dari sumbernya dengan metode rakayasa. Kondisi lingkungan tertentu, sangat sedikit atau sama sekali tidak bisa dilakukan usaha untuk mengurangi kebisingan, sehingga pekerja diharuskan menggunakan pelindung telinga (hearing protection) untuk mengurangi jumlah suara mencapai telinga. Hearing protection wajib digunakan apabila kebisingan melebihi 85 dB. Hearing protection berfungsi untuk mengurangi tingkat kebisingan dari suara gemuruh mesin, penahan bising dari letupan-letupan, dan resiko gangguan pendengaran.

Penggunaan hearing protection harus mengembangkan program konservasi pendengaran yang lengkap, meliputi penilaian kebisingan, pemilihan alat pelindung pendengaran, pelatihan pekerja, pengujian audiometri, inspeksi, pemeliharaan, pencatatan dan evaluasi program. Efektivitas penggunaan pelindung pendengaran dipengaruhi oleh kondisi alat yang tidak bagus, pemasangan yang tidak tepat ketika digunakan, atau apabila hanya digunakan sebagian waktu selama periode paparan kebisingan.

Pemilihan alat pelindung pendengaran dilakukan berdasar:

- a. Kesesuaian dengan jenis pekerjaan.
- b. Memberikan perlindungan yang memadai.
- c. Periksa literatur produsen.
- d. Nyaman untuk dipakai.

Pelindung pendengaran (hearing protection) terdiri dari 3 macam, yaitu sumbat telinga (ear plug), tutup telinga (ear muff) dan semi insert ear plug.

- a. **Sumbat Telinga (Ear Plug)**, Sumbat telinga yang baik adalah alat yang mampu menahan frekuensi tertentu saja sehingga frekuensi untuk bicara (komunikasi) tidak terganggu. Kelemahan dari sumbat telinga adalah tidak tepat ukurannya dengan lubang telinga pemakai, kadang-kadang lubang telinga kanan berbeda dengan yang kiri. Sumbat telinga berbentuk premolded (preformed) atau moldable (busa), umumnya dijual sebagai produk sekali pakai (disposable) atau dapat digunakan kembali (reusable). Sumbat telinga terbuat dari bahan karet, plastik keras, plastik lunak, lilin dan kapas. Bahan yang disenangi jenis karet dan plastik lunak, karena dapat menyesuaikan dengan bentuk lubang telinga. Kemampuan daya lindung (attenuasi) sebesar 25 - 30 dB, apabila terjadi kebocoran dapat mengurangi attenuasi sebesar 15 dB. Sumbat telinga dari lilin murni dilapisi kertas atau kapas mempunyai kelemahan sangat mengganggu dan lekas kotor. Sumbat telinga dari kapas mempunyai attenuasi sangat rendah antara 2 - 12 dB.



Gambar 8.11. Sumbat Telinga (Ear Plug)

- b. **Tutup Telinga (Ear Muff)**, Tutup telinga biasanya terbuat dari bahan lembut yang dapat menurunkan kebisingan dengan cara menutupi semua bagian telinga dan ditahan/dipegang oleh head band. Kemampuan daya lindung (attenuasi) frekuensi sebesar 2.800-4.000 Hz antara 35-45 dB, frekuensi biasa sebesar 25-30 dB.



Gambar 8.12. Tutup Telinga (Ear Muff)

Penggunaan sumbat telinga dan penutup telinga dapat digunakan secara bersama-sama dalam keadaan khusus, sehingga menghasilkan attenuasi yang tinggi tetapi tidak dapat lebih dari 50 dB, karena masih terdapat hantaran suara melalui tulang. Pemilihan alat pelindung pendengaran sangat bergantung besarnya tingkat kebisingan, kenyamanan dan kesesuaian alat terhadap pekerja dan lingkungannya. Penggunaan ear plug dan ear muff mempunyai keuntungan dan kerugian, antara lain:

Tabel 8.2. Keuntungan dan Kerugian Ear Plug Dengan Ear Muff

	Ear Plug	Ear Muff
Keuntungan	<ul style="list-style-type: none"> a. Kecil dan mudah dibawa b. Nyaman untuk digunakan secara bersamaan dengan pengaman lainnya c. Lebih nyaman dipakai untuk waktu yang lama di tempat yang panas atau lembab d. Nyaman untuk digunakan di daerah kerja terbatas 	<ul style="list-style-type: none"> a. Variasi atunuasi antar pengguna sedikit b. Dirancang sedemikian rupa sehingga cocok semua ukuran kepala c. Mudah terlihat dari kejauhan untuk membantu dalam pemantauan penggunaan d. Tidak mudah salah tempat atau hilang e. Dapat dipakai pada pekerja dengan infeksi telinga ringan
Kerugian	<ul style="list-style-type: none"> a. Membutuhkan lebih banyak waktu untuk penyesuaian b. Lebih sulit ketika memasukkan maupun mengeluarkan dari telinga c. Memerlukan tingkat kebersihan yang tinggi d. Dapat terjadi iritasi saluran telinga e. Mudah salah penempatan f. Lebih sulit untuk melihat dan memantau penggunaan 	<ul style="list-style-type: none"> a. Kurang portable dan lebih berat b. Kurang nyaman untuk digunakan dengan peralatan pelindung pribadi lainnya c. Kurang nyaman di tempat yang panas dan lembab d. Kurang nyaman untuk digunakan di daerah kerja terbatas e. Dapat mengganggu ketika memakai kacamata keselamatan, karena akan menimbulkan celah antara seal ear muff dengan kulit karena terganjal frame kaca mata

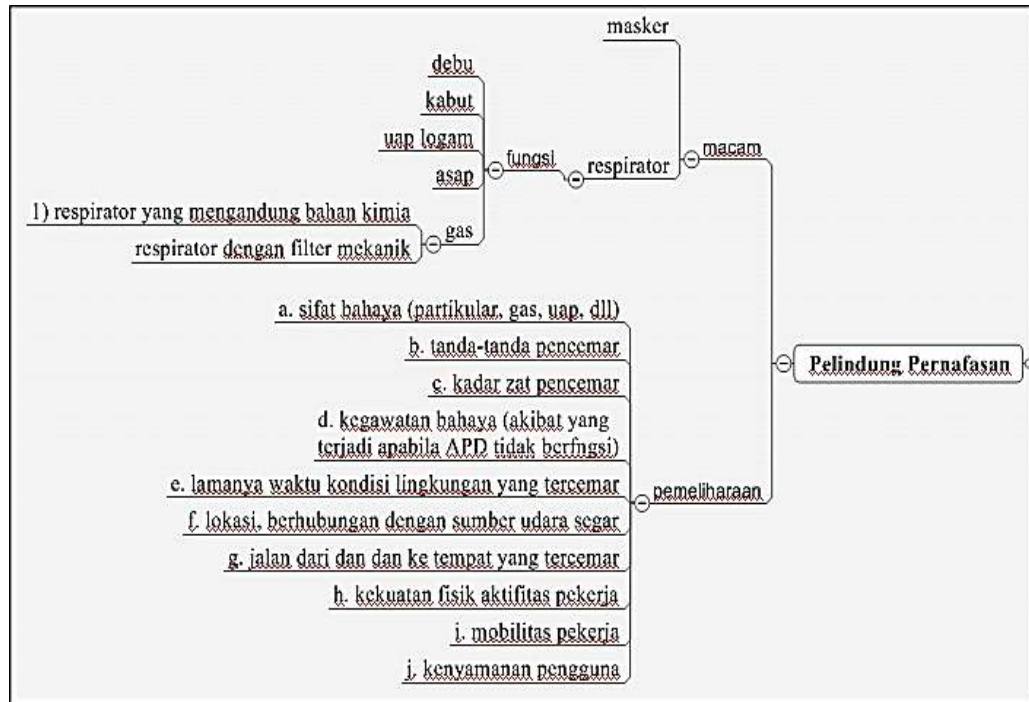
Cara merawat peralatan pelindung pendengaran meliputi:

- a. Ikuti petunjuk produsen.
- b. Periksa secara teratur apabila terjadi kerusakan dan keausan.
- c. Ganti bantal telinga atau colokan yang tidak lentur.
- d. Ganti unit head band apabila sudah mulai longgar, sehingga penutup telinga tidak menempel dapat menempel dengan sempurna.
- e. Bongkar ear muff untuk dibersihkan.
- f. Cuci ear muff dengan deterjen cair dan air hangat, kemudian bilas dengan air hangat, pastikan bahan peredam suara di dalam penutup telinga tidak ikut basah.
- g. Gunakan sikat yang halus untuk menghilangkan minyak dan kotoran yang dapat mengeraskan bahan penutup telinga.

4. Pelindung Pernafasan

Pelindung pernafasan berfungsi untuk melindungi pernafasan terhadap gas, uap, debu atau udara yang terkontaminasi di tempat kerja yang bersifat racun, korosi ataupun ransangan. Alat pelindung pernafasan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu masker dan respirator.

Masker digunakan untuk melindungi dari debu/partikel yang masuk ke dalam pernafasan, biasanya terbuat dari kain dengan ukuran pori-pori tertentu. Respirator berguna untuk melindungi pernafasan dari debu, kabut, uap logam, asap dan gas.



Terdapat 3 jenis resopirator, yaitu:

a. Respirator yang memurnikan udara

- 1) Respirator yang mengandung bahan kimia
 - a) Topeng gas dengan canister yang sesuai untuk bahan kimia tertentu, dipilih sesuai zat pencemar misalnya asam kuat dengan canister soda, terdapat batas waktu yang tergantung dengan isi canister, konsentrasi pencemar dan aktfitas pemakaian.
 - b) Respirator dengan patrum (cartridge) kimia, menutup sebagian muka dengan satu/dua patrum bahan kimia tertentu, tidak berfungsi untuk keadaan darurat, dan berfungsi hanya satu macam gas uap.
- 2) Respirator dengan filter mekanik, hampir sama dengan cartridge kimia, pemurni udaranya berupa saringan.
- 3) Respirator dengan filter mekanik dan cartridge kimia.

b. Respirator dengan suplai udara bersih

- 1) Suplai udara berasal dari saluran udara bersih atau kompresor dan alat pernafasan yang mengandung udara (self breathing apparatus).
- 2) Bentuknya berupa tabung gas yang berisi: udara yang dimampatkan, oksigen yang dimampatkan, oksigen yang dicairkan.

c. Respirator dengan suplai oksigen

- 1) Biasanya berupa self breathing apparatus
- 2) Harus diperhatikan:
 - a) Pemilihan yang tepat sesuai dengan jenis bahayanya.
 - b) Pemakaian yang tepat.
 - c) Pemeliharaan dan pencegahan terhadap penyakit menular.



Gambar 8.13. Respirator



Gambar 8.14. Breathing Apparatus

Pemilihan alat pelindung pernafasan harus memperhatikan hal berikut:

- a. Sifat bahaya (partikular, gas, uap, dll).
- b. Tanda-tanda pencemar.
- c. Kadar zat pencemar.
- d. Kegawatan bahaya (akibat yang terjadi apabila APD tidak berfungsi).
- e. Lamanya waktu kondisi lingkungan yang tercemar.
- f. Lokasi, berhubungan dengan sumber udara segar.
- g. Jalan dari dan ke tempat yang tercemar.
- h. Kekuatan fisik aktifitas pekerja.
- i. Mobilitas pekerja.
- j. Kenyamanan pengguna.

5. Pelindung Tangan

Pelindung tangan digunakan untuk melindungi tangan dari benda-benda tajam, bahan kimia, kontak arus listrik, api, panas, dingin, radiasi elektromagnetik, radiasi mengion, benturan, pukulan, luka, lecet, infeksi. Pelindung tangan dapat berbentuk gloves (sarung tangan), mitten (jempol terpisah dan 4 jari menyatu), hand pad (melindungi telapak tangan), sleeve (pergelangan tangan sampai lengan, biasanya digabung dengan sarung tangan).



Berdasarkan jenis bahannya, pelindung tangan dibedakan menjadi:

- a. **Sarung Tangan Metal Mesh**, Tahan terhadap benda yang berujung lancip dan menjaga tangan agar tidak terpotong.



Gambar 8.15. Sarung Tangan Metal Mesh

- b. **Sarung Tangan Kulit**, untuk melindungi dari permukaan kasar



Gambar 8.16. Sarung Tangan Kulit

- c. **Sarung Tangan Vinil dan Neoprene**, berguna untuk melindungi dari bahan kimia beracun.



Gambar 8.17. Sarung Tangan Vynil dan Neoprene

- d. **Sarung Tangan Karet**, berguna untuk melindungi saat bekerja disekitar arus listrik.



Gambar 8.18. Sarung Tangan Karet

- e. **Sarung Tangan Padded Cloth**, Berguna untuk melindungi tangan dari ujung yang tajam, pecahan gelas, kotoran dan vibrasi.



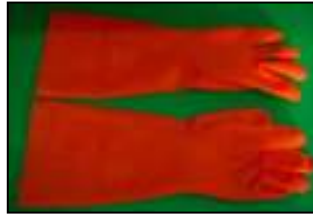
Gambar 8.19. Sarung Tangan Padded Cloth

- f. **Sarung Tangan Heat Resistant**, Berguna mencegah tangan terkena panas api



Gambar 8.20. Sarung Tangan Heat Resistance

- g. **Sarung Tangan Latex Disposable**, berguna untuk melindungi dari bakteri (sarung tangan sekali pakai kemudian dibuang).



Gambar 8.21. Sarung Tangan Karet Disposable

- h. **Sarung Tangan Lead Lined**, digunakan untuk melindungi tangan dari sumber radiasi.



Gambar 8.22. Sarung Tangan Lead Lined

6. Pelindung Kaki



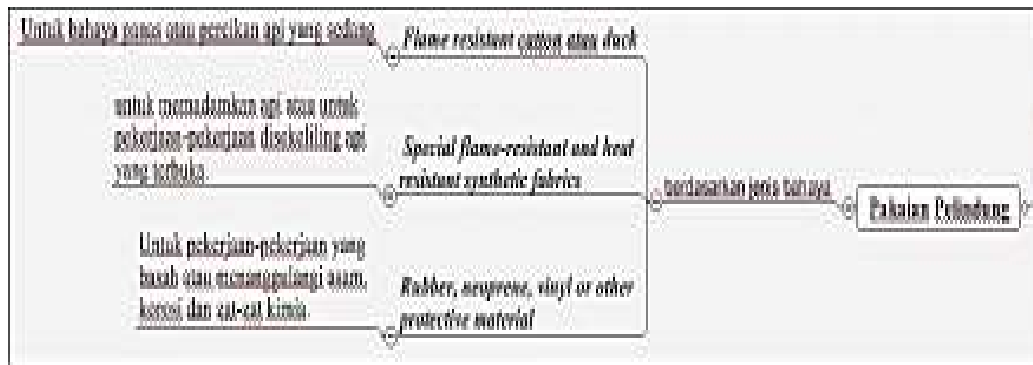
Pelindung kaki digunakan untuk melindungi kaki dari tertimpa benda berat, terbakar oleh logam cair, bahan kimia korosif, dermatitis/eksim karena zat kimia, tersandung atau tergelincir. Jenis dan bahan sepatu yang digunakan juga disesuaikan dengan lingkungan kerja, misalnya:

- a. **Safety Shoes/ sepatu boot** terbuat dari kulit, karet atau plastik untuk melindungi jari kaki terhadap tertimpa benda keras, biasanya dilengkapi dengan penutup baja atau baja karbon.
- b. Sepatu dengan sol anti slip luar dari karet bermotif timbul, digunakan untuk mencegah tergelincir.
- c. Sepatu dengan sol dilapisi logam, digunakan mencegah tusukan benda runcing.
- d. Sepatu yang seluruhnya harus dijahit atau direkat tidak boleh dipaku, digunakan untuk mencegah terhadap bahaya listrik.
- e. Sepatu dengan alas kayu, sebaiknya digunakan untuk tempat yang lembab atau lantai panas.
- f. **Sepatu Boot** dari karet, sebaiknya digunakan untuk pencegahan bahan kimia.
- g. **Sepatu Vinyl**, tahan terhadap pelarut, asam, basa, garam, air, pelumas dan darah.
- h. **Sepatu Nitrile**, tahan terhadap lemak hewan, oli dan bahan kimia.



Gambar 8.23. Safety Shoes

7. Pakaian Pelindung



Pakaian pelindung digunakan untuk menutupi seluruh atau sebagian tubuh dari percikan api, panas, suhu, dingin, cairan kimia dan minyak. Pakaian pelindung dapat terbuat dari kain dril, kulit, plastik, asbes atau kain yang dilapisi aluminium. Bentuknya dapat berupa apron (menutupi sebagian tubuh mulai dari dada sampai lutut), celemek atau pakaian terusan dengan celana panjang dan lengan panjang. Pakaian pelindung untuk pekerja laki-laki yang berhadapan dengan mesin harus berlengan pendek, pas (tidak longgar), tidak ada lipatan di dada/punggung yang dapat mendatangkan bahaya. Pakaian kerja untuk pekerja wanita adalah celana panjang, baju pas, tutup rambut dan tanpa perhiasan. Jenis pakaian pelindung sesuai dengan lingkungan kerja dibedakan menjadi:

- Lingkungan radiasi panas, pakaian harus dilapisi bahan yang merefleksikan panas seperti aluminium dan berkilat.
- Lingkungan panas, pakaian berbahan katun yang menyerap keringat dan longgar atau bahan lainnya yang mengandung isolator.
- Lingkungan radiasi mengion, pakaian harus dilapisi timah hitam untuk apron.
- Lingkungan cairan dan bahan kimia, pakaian harus terbuat dari plastik atau karet.

Berdasarkan jenis bahayanya pakaian pelindung terdiri atas :

- Flame resistant cotton atau duck**, berguna Untuk bahaya panas atau percikan api yang sedang.



Gambar 8.24. Flame Resistant Cotton Atau Duck

- b. **Special flame-resistant and heat resistant synthetic fabrics**, berguna untuk memadamkan api atau untuk pekerjaan-pekerjaan disekeliling api yang terbuka.



Gambar 8.25. Special Flame-Resistant And Heat Resistant Synthetic Fabrics

- c. **Rubber, neoprene, vinyl or other protective material**, untuk pekerjaan-pekerjaan yang basah atau menanggulangi asam, korosi dan zat-zat kimia.



Gambar 8.26. Rubber, Neoprene, Vinyl Or Other Protective Material

8. Tali Dan Sabuk Pengaman

Alat ini terdiri dari tali pengaman dan harus dapat menahan beban seberat minimal 80 kg

Tali Dan Sabuk Pengaman

Tali dan sabuk pengaman berguna untuk melindungi tubuh dari kemungkinan terjatuh. Penggunaan tali dan sabuk pengaman biasanya untuk pekerja di bidang konstruksi dan memanjat tempat tinggi. Alat ini terdiri dari tali pengaman dan harus dapat menahan beban seberat minimal 80 kg.



Gambar 8.27. Full Body Harness

E. Mendisain Program Alat Pelindung Diri (APD)



Menggunakan APD merupakan salah satu unsur dari program K3 yang dapat diterapkan untuk memelihara lingkungan kerja yang aman dan sehat. Bahaya dapat terjadi di setiap tempat kerja sehingga diperlukan strategi untuk melindungi pekerja. Banyak metode yang dapat dilakukan tetapi harus disesuaikan dengan situasi tempat kerja. Pengendalian sumber bahaya menjadi pilihan pertama, karena akan menghilangkan sumber bahaya dari pekerja. Pengendalian ini memerlukan penggantian bahan dengan yang non hazardous, penambahan fitur keamanan di peralatan, desain ulang proses kerja, atau pembelian peralatan baru. Apabila sumber bahaya tidak dapat dihilangkan atau dikontrol secara memadai, maka APD dapat digunakan sebagai pelindung ketika melakukan pekerjaan di area berbahaya.

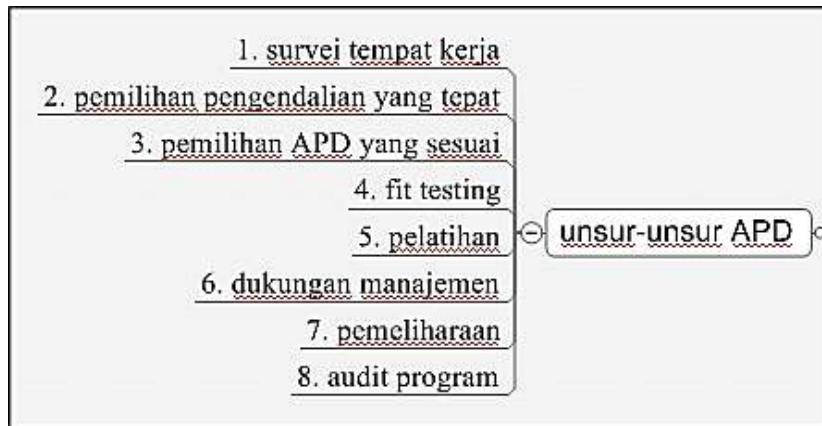
Prinsip-prinsip yang menjadi dasar untuk memulai dan memperluas program perlindungan penggunaan APD harus memperhatikan beberapa unsur berikut, seperti: perlindungan pekerja, kebutuhan terhadap hukum/peraturan dan standar internasional yang berlaku di perusahaan, serta kelayakan teknis. Sebuah strategi komprehensif yang baik akan mempertimbangkan adanya bahaya, mengevaluasi semua metode pengendalian, mengintegrasikan berbagai pendekatan, meninjau kembali strategi untuk memastikan operasi kerja yang aman. Waktu yang tepat untuk menggunakan APD adalah setelah identifikasi bahaya, karena dapat mempertimbangkan prinsip umum pengendalian yang terbagi menjadi 2 kategori dasar, yaitu: Pra Kontak dan Point of Kontak.

1. Pra Kontak

Pengendalian Pra-kontak adalah metode pertama dan paling penting karena mencegah bahaya mencapai pekerja. Metode pengendalian Pra-kontak meliputi penggantian bahan atau proses yang kurang berbahaya, mengisolasi proses berbahaya, perbaikan atau peningkatan peralatan yang ada, atau memperoleh peralatan yang lebih aman. Pengendalian Pra-kontak juga dapat dicapai dengan memberikan perlindungan kepada pekerja dengan ventilasi pembuangan lokal, merawat mesin, lingkungan kerja yang lebih baik, dan praktek kerja yang aman. Sementara ada bahaya yang dapat diantisipasi dan dihindari secara efektif melalui pengendalian rekayasa pada tahap pra-kontak, namun masih ada bahaya lain yang tidak dapat diketahui sebelum terjadi kecelakaan. Sebuah upaya menyeluruh untuk mengidentifikasi bahaya sangat penting sehingga bahaya dapat dikurangi atau dihilangkan pada sumbernya. Bilamana pengendalian pra-kontak tidak praktis, tidak layak, atau benar-benar tidak efektif maka pengendalian point-of-kontak harus digunakan.

2. Point-of-kontak

Pengendalian point-of-kontak adalah penting akan tetapi bersifat sekunder karena tidak dapat menghilangkan bahaya tersebut. Pengendalian ini hanya mengelola bahaya pada titik kontak dengan pekerja. Bentuk pengendalian terutama dilakukan melalui alat pelindung diri. APD digunakan saat pengendalian pra-kontak tidak sepenuhnya efektif.



APD digunakan untuk mengurangi atau meminimalkan paparan atau kontak terhadap agen fisik, kimia, ergonomis, atau biologis yang merugikan. Bahaya tidak dapat dihilangkan dengan APD, tetapi risiko cedera dapat dikurangi. Misalnya, mengenakan alat perlindungan pendengaran mengurangi kemungkinan kerusakan pendengaran ketika alat pelindung pendengaran yang sesuai untuk jenis paparan kebisingan dan alat tersebut digunakan dengan benar. Namun, alat perlindungan pendengaran tidak menghilangkan kebisingan. APD harus digunakan hanya apabila:

1. Sebagai langkah sementara (jangka pendek) sebelum sistem kontrol diimplementasikan.
2. Dimana teknologi pengendalian pra-kontak tidak tersedia.
3. Dimana pengendalian pra-kontak tidak memadai.
4. Selama kegiatan seperti pemeliharaan, membersihkan, dan memperbaiki dimana pengendalian pra-kontak tidak layak atau efektif.
5. Selama situasi darurat.

Sebuah program APD harus komprehensif. Hal ini membutuhkan partisipasi aktif dan komitmen mulai dari tahap perencanaan, pengembangan, dan implementasi dari semua tingkat: manajemen senior, pengawas, dan pekerja. Sebuah program APD yang baik terdiri dari unsur-unsur penting sebagai berikut:

1. Survei tempat kerja
2. Pemilihan pengendalian yang tepat
3. Pemilihan APD yang sesuai
4. Fit testing
5. Pelatihan
6. Dukungan manajemen
7. Pemeliharaan
8. Audit program

Kebijakan K3 harus menjadi prinsip dan aturan umum yang berfungsi sebagai panduan untuk bertindak. Manajemen senior harus berkomitmen untuk memastikan bahwa kebijakan dan prosedur K3 dilaksanakan. Program APD harus, dan harus terlihat memiliki kepentingan yang sama dengan semua kebijakan organisasi lainnya. Penunjukan koordinator program adalah sangat penting untuk memastikan keberhasilan program. Koordinator memiliki tanggung jawab untuk memastikan bahwa setiap elemen dari sebuah program sudah dibuat dan dilaksanakan.

Pada tahap awal, sebuah program harus direncanakan dengan hati-hati, dikembangkan dan dilaksanakan sepenuhnya dengan metode yang tepat dan sistematis. Program ini harus diperkenalkan secara bertahap dan bertahap. Tujuannya dan waktu yang direncanakan bagi pekerja untuk terbiasa memakai APD harus dikomunikasikan secara jelas. Dampak manfaat dari program ini harus dipublikasikan secara luas. Waktu bagi pekerja untuk memenuhi program ini dengan tidak ada tindakan atau sanksi yang dilakukan harus ditetapkan untuk membiasakan dan merubah perilaku pekerja dalam menggunakan APD. Setelah program ini dijalankan melalui konsultasi yang memadai dengan pekerja dan perwakilan mereka, diharapkan penggunaan APD dapat menjadi kondisi yang diperlukan oleh pekerja atau mereka akan menggunakan APD secara bertanggung jawab.

Penerapan program APD secara bertahap tidak boleh dilakukan ketika ada kebutuhan untuk masuk ke atmosfer berbahaya, atau di mana kegagalan untuk menggunakan peralatan menimbulkan risiko signifikan atau cedera yang fatal. Semakin besar keterlibatan pekerja dalam semua tahapan program, semakin mulus program ini dalam penerapannya. Pengguna harus diberi tahu mengapa APD perlu digunakan dan pekerja juga harus diberi pelatihan bagaimana menggunakan APD secara benar. Metode pelaksanaan mempengaruhi penerimaan dan efektivitas keseluruhan program.

Selain itu kesesuaian APD dengan pekerja juga sangat berpengaruh terhadap penggunaan APD oleh pekerja. Efektifitas penggunaan akan menurun jika APD tidak nyaman, tidak fit atau tidak menarik, hal ini dapat mengakibatkan pekerja akan cenderung melepas APD meskipun hanya untuk sementara waktu, tapi hal tersebut akan sangat membahayakan bagi pekerja.

Langkah pertama dalam pengembangan program APD adalah mengidentifikasi bahaya di tempat kerja. Beberapa jenis bahaya mungkin sudah jelas terlihat atau diketahui, tapi inspeksi di lokasi masih harus dilakukan. Praktek kerja, prosedur kerja, peralatan, tata letak tempat kerja, dan faktor individu mungkin memainkan peran penentu dalam jenis kontrol yang akan direkomendasikan untuk pekerjaan tertentu. Menyadari potensi bahaya harus mencakup pembuatan atau proses lainnya, maka tinjauan harus dilakukan untuk memeriksa bahaya fisik dan kimia yang dihadapi secara rutin atau berkala, memeriksa semua kegiatan pekerjaan yang berbeda dari area kerja, dan mempelajari langkah-langkah pengendalian yang ada. Setiap upaya harus dilakukan untuk mengendalikan semua bahaya, jika memungkinkan pada sumbernya.

Perhatian khusus harus diberikan pada persyaratan pekerjaan yang mungkin memiliki konsekuensi penting bagi APD yang dipilih, karena beberapa jenis bahaya memerlukan beberapa solusi APD. Misalnya, bekerja dengan Klorin membutuhkan perlindungan pernapasan dan iritasi mata karena klorin dapat merusak sistem pernapasan dan selaput lendir mata. Hal ini penting untuk terus-menerus meninjau Lembar Data Keselamatan Bahan (MSDS) sebagai bagian dari pemeriksaan, karena MSDS menunjukkan jenis bahaya yang berhubungan dengan material tersebut. Evaluasi tempat kerja sebaiknya melibatkan komite K3 dan komite keamanan sebagai bagian integral dari tim survei.

Setelah kebutuhan APD diketahui, tugas selanjutnya adalah memilih jenis yang tepat. Dua kriteria perlu ditentukan:

1. Tingkat proteksi yang diperlukan.
2. Kesesuaian peralatan dengan situasi (termasuk kepraktisan dari peralatan yang digunakan dan disimpan dalam tempat yang baik).

Desain penggunaan APD dapat mempengaruhi tingkat perlindungan, daya tahan pakai dan penerimaan pengguna. Desain penggunaan APD harus mempertimbangkan beberapa hal, seperti:

11. Sesuaikan jenis APD dengan jenis bahaya

Tidak ada jalan pintas untuk pemilihan APD. Pilih APD yang tepat untuk setiap jenis bahaya. Pada beberapa pekerjaan, tugas yang sama dilakukan sepanjang siklus pekerjaan, sehingga mudah untuk memilih APD yang tepat. Dalam kasus lain, pekerja mungkin terpapar dua atau lebih bahaya yang berbeda. Juru las yang mungkin memerlukan perlindungan terhadap gas las, sinar cahaya berbahaya, logam cair dan chip terbang. Dalam hal demikian, beberapa perlindungan yang dibutuhkan: helm las, kacamata keselamatan dan respirator yang sesuai.

12. Mendapatkan saran

Membuat keputusan berdasarkan evaluasi bahaya menyeluruh, penerimaan pekerja, dan jenis APD yang tersedia. Begitu anda telah menentukan kebutuhan APD anda, diskusikan kebutuhan anda dengan pihak pemasok APD yang terpercaya dan memiliki reputasi baik dan kemudian meminta rekomendasi mereka. Selalu minta alternatif dan memeriksa setiap klaim produk dan data uji dari produk yang ditawarkan. Cobalah APD yang ditawarkan dan mengujinya untuk melihat bahwa produk memenuhi semua kriteria yang anda harapkan sebelum disetujui.

13. Melibatkan pekerja dalam evaluasi

Sangat penting untuk melibatkan pekerja dalam pemilihan model tertentu. Berikan contoh dan model APD yang akan dibeli untuk dicoba oleh pekerja, dan minta umpan balik dari mereka dan evaluasi secara bersama-sama untuk setiap model yang ditawarkan. Dengan cara ini, maka memungkinkan bagi pekerja untuk memilih yang cocok dan nyaman buat mereka.

14. Pertimbangkan kenyamanan fisik APD (ergonomi)

Jika perangkat APD teralalu berat atau kurang pas maka tidak mungkin APD tersebut akan digunakan. Perhatikan juga bahwa jika perangkat APD tidak menarik atau tidak nyaman, atau tidak ada kesempatan bagi pekerja untuk memilih di antara model yang ada, maka kepatuhan akan penggunaan APD akan sangat rendah. Gunakan setiap kesempatan untuk memberikan fleksibilitas dalam pemilihan APD selama itu memenuhi undang-undang dan standar yang ditetapkan.

15. Evaluasi pertimbangan biaya

Biaya APD sering menjadi perhatian. Beberapa program menggunakan respirator sekali pakai karena harga yang tampaknya murah. Namun bila penggunaan dievaluasi dari waktu ke waktu, ada kemungkinan bahwa respirator cartridge ganda akan lebih ekonomis.

Teknik kontrol rekayasa mungkin terbukti solusi yang efektif bahkan lebih hemat biaya dalam jangka panjang dan harus dipertimbangkan sebelum APD.

16. Tinjauan standar

Persyaratan kinerja dari semua standar harus ditinjau untuk memastikan bahwa paparan akan diminimalkan atau dihilangkan dengan menggunakan APD. Jika APD terpajan pada bahaya lebih besar dari spesifikasi yang ditentukan, maka tidak akan memberikan perlindungan yang memadai.

17. Fit Testing (Uji Pas)

Ketika pilihan sudah dibuat, dilakukan uji fit bagi setiap pekerja secara individu. Pada saat uji fit, sekaligus ditunjukkan cara memakai dan memelihara APD dengan benar. Program fit testing individu harus dilakukan oleh teknisi ahli. Sebagai contoh, untuk pelindung mata yang memenuhi syarat melakukan fit testing adalah dokter mata, ahli optik, perwakilan produsen atau seorang anggota staf yang terlatih khusus, seperti perawat.

18. Lakukan perawatan rutin dan inspeksi

Tanpa perawatan yang tepat, efektivitas APD tidak dapat dijamin. Pemeliharaan harus mencakup pemeriksaan, perawatan, pembersihan, perbaikan, dan penyimpanan yang benar. Mungkin bagian yang paling penting dari perawatan adalah kebutuhan untuk melakukan pemeriksaan APD. Jika pemeriksaan APD dilakukan secara hati-hati, maka jika ada kerusakan akan dapat diidentifikasi sebelum digunakan. Secara umum pemeliharaan APD dapat dilakukan antara lain dengan:

- a. Menyimpan dengan benar alat pelindung diri.
- b. Mencuci dengan air sabun, kemudian dibilas dengan air secukupnya. Terutama untuk helm, kaca mata, sepatu kerja, pakaian kerja, sarung tangan kain/kulit/karet.
- c. Menjemur di bawah sinar matahari untuk menghilangkan bau, terutama pada sepatu dan helm.

Prosedur harus dibuat untuk memungkinkan pekerja mendapatkan pengganti untuk APD yang rusak dan tetap terawat bersih. Perangkat perlindungan pernapasan memerlukan program perawatan, penyimpanan, pembersihan, dan pengujian berkala. Mengenakan APD yang rusak bisa lebih berbahaya daripada tidak mengenakan apapun bentuk perlindungan sama sekali. Para pekerja memperoleh rasa aman palsu dan berpikir bahwa mereka dilindungi ketika bekerja dengan bahaya, dalam kenyataannya mereka tidak terlindungi.

19. Penyimpanan APD

Untuk menjaga daya guna dari APD, hendaknya disimpan ditempat khusus sehingga terbebas dari debu, kotoran, gas beracun, dan gigitan serangga/binatang. Tempat tersebut hendaknya kering dan mudah dalam pengambilannya

20. Kelemahan pengguna APD

Daya lindung tidak sempurna, karena cara pemakaian APD yang salah, memakai APD tidak tepat dan APD tidak memenuhi persyaratan yang diperlukan.

21. Penghargaan dan Sangsi

Pada beberapa penelitian telah dilakukan oleh para ahli manajemen yang membuktikan bahwa setiap individu di dalam organisasi, bagaimanapun rendahnya pendidikan dan kedudukannya, ingin dihargai oleh orang lain. Pemberian penghargaan itu memang wajar dan merupakan suatu keharusan oleh karena manusia mempunyai martabat, harga diri, keinginan, harapan, cita-cita dan bahkan impian dan dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya berupa perhatian oleh pimpinan kepada karyawan karena melaksanakan tugas dengan baik, memberikan penghargaan berupa uang, piagam, benda lainnya karena karyawan melakukan tugas dengan baik, mendengarkan saran-saran maupun keluhan para karyawan dengan penuh perhatian sehingga semua ini dapat meningkatkan efisiensi dan produktifitas perusahaan.

Dalam organisasi yang baik system rewards penalty harus diberlakukan secara kontinyu dan objektif, sebab apabila hal tersebut tidak dijalankan, akan terdapat keadaan dimana yang rajin, pintar, tekun, berdisiplin dan produktif menjadi apatis melihat mereka diperlakukan sama oleh pimpinan dengan karyawan yang malas, bodoh, tak acuh, tidak disiplin dan tidak produktif (Siagain, 1985). Pendekatan Skinner juga mengenal sistem penguat positif dan penguat negatif.

Skinner menyatakan bahwa hukuman (penguat negatif) adalah teknik umum yang digunakan dalam dunia modern. Hukuman tersebut akan menekan perilaku untuk sementara tapi perilaku itu dapat muncul kembali bila mungkin hukuman ditarik atau dikendurkan. Penggunaan hukuman (penguat positif) untuk mengendalikan perilaku harus dihindarkan dan memfokuskan kepada penggunaan penguat-penguat positif, misalnya penghargaan (Paulus, 1997).

22. Poster

Dengan menggunakan bahasa atau kalimat yang mudah dipahami, poster atau spanduk dapat menjadi sarana informasi yang efektif. Dapat dipasang pada papan pengumuman yang berdekatan dengan tempat kerja atau pada ruang makan/kantin. (Ralph Wiliam, 1990)

23. Melakukan pelatihan

Tidak ada program yang bisa lengkap tanpa pelatihan untuk memastikan penggunaan yang optimal dari APD. Pelatihan harus mencakup bagaimana menentukan dan memakai APD, bagaimana mendapatkan perlindungan yang maksimal, dan cara merawat APD. Pelatihan dapat dilakukan secara individual atau dalam pertemuan kelompok. Program pelatihan harus menekankan tujuan utama dari program dan memperkuat fakta bahwa kendali teknik telah dilakukan sebagai strategi pencegahan primer.

Tidak cukup hanya dengan memberitahu seseorang untuk memakai respirator hanya karena manajemen dan/atau undang-undang mengharuskan menggunakan APD. Jika respirator dimaksudkan untuk mencegah gangguan paru-paru, para pekerja harus diberitahu bahaya yang dapat merusak paru-paru mereka ditempat kerja. Pelatihan harus diberikan bagi semua pekerja termasuk manajer dan supervisor, baik mereka yang terpapar secara terus menerus atau yang terpapar sekali-sekali.

24. Mendapatkan dukungan dari semua departemen

Setelah program berjalan maka diperlukan keterlibatan dari manajemen personalia, keamanan dan medis, personil pengawas, komite keselamatan dan kesehatan, individu pekerja, dan bahkan pemasok APD yang dipilih. Program pendidikan harus dilakukan secara teratur dan terus menerus. Alasan paling umum dari kegagalan program APD adalah ketidakmampuan untuk mengatasi keberatan dari pekerja untuk memakai APD. Setiap masalah harus ditangani secara individual.

25. Audit program

Seperti halnya program atau prosedur yang dijalankan dalam suatu organisasi, efektivitas program APD harus dipantau dengan inspeksi peralatan dan audit prosedur. Audit tahunan sangat disarankan dan untuk daerah-daerah kritis sebaiknya ditinjau lebih sering. Ini akan sangat berguna untuk membandingkan kinerja keselamatan kepada mereka sebelum program dimulai. Perbandingan ini akan membantu menentukan keberhasilan atau kegagalan program. Tanpa pemantauan rinci, rekomendasi mengenai perubahan pada sebuah program atau retensi dari program ini bisa didukung. Untuk mencapai tujuan keseluruhan dari tempat kerja yang aman harus didukung oleh strategi promosi. Strategi promosi berfokus pada:

- a. Komitmen dan tanggung jawab manajemen dan pekerja pada program APD.
- b. Alasan yang mendasari dikembangkan program APD.
- c. Bagaimana program APD akan bekerja.

Keberhasilan program APD tergantung dari kerjasama dan dukungan dari semua pekerja dan manajemen yang terkait. Hal ini dapat dicapai dengan membantu pekerja memahami kebutuhan untuk memakai APD, dan dengan mendorong mereka untuk ingin memakainya daripada menuntut mereka melakukannya. Keberhasilan program akan lebih mungkin dicapai jika sistem kontrol pada sumber dan sepanjang proses telah diterapkan secara komprehensif dan efektif. Program promosi dapat dibantu dengan melakukan seminar, film, diskusi, safety day, dsb. Penggunaan poster dan stuffers amplop juga dapat membantu dalam mempromosikan program, tapi tidak harus digunakan sebagai satu-satunya alat promosi. Proses pendidikan penggunaan APD harus didukung oleh kebijakan perusahaan yang jelas dan tegas serta memberikan tanggung jawab untuk penggunaan APD kepada pekerja.

Contoh Program APD:

1. Merancang Program APD

- a. Pastikan metode “hirarki kontrol” seperti eliminasi, substitusi, rekayasa enjinerig, dan kontrol administratif adalah pertahanan pertama, APD adalah garis pertahanan terakhir.
- b. Pastikan partisipasi aktif dari semua pihak.
- c. Pastikan bahwa koordinator program telah ditunjuk.
- d. Kembangkan tahapan program dengan timing yang jelas.
- e. Re-evaluasi program secara berkelanjutan.

2. Strategi Promosi

- a. Publikasikan dan komunikasikan komitmen terhadap program ini.
- b. Pastikan kebijakan perusahaan telah dirumuskan secara jelas dan singkat.
- c. Kembangkan program pelatihan.

3. Survei Tempat Kerja

- a. Mengkaji praktek-praktek kerja, prosedur kerja, peralatan dan tata letak peralatan proses.
- b. Gunakan teknik analisis bahaya pekerjaan (JSA) untuk mengintegrasikan prinsip-prinsip keselamatan dan kesehatan kedalam praktek kerja atau operasi tertentu.

4. Seleksi

- a. Pilih APD yang cocok dengan bahaya ditempat kerja.
- b. Dapatkan rekomendasi untuk pilihan yang tepat.
- c. Lakukan uji coba ditempat tempat kerja.
- d. Pertimbangkan kenyamanan fisik APD.
- e. Mengevaluasi pertimbangan biaya penggunaan APD.
- f. Pastikan APD memenuhi standar/sertifikasi (NIOSH, ANSI, SNI).

5. Penggunaan

- a. Pastikan program APD mencakup penggunaan secara individu.
- b. Lakukan survei penggunaan untuk memastikan APD dipakai dengan benar.

6. Pemeliharaan

- a. Memastikan bahwa pekerja tahu bagaimana melakukan pemeliharaan rutin dan pemeriksaan APD mereka.
- b. Pastikan bahwa para pekerja dapat mengidentifikasi masalah potensial atau cacat pada APD baik selama pemeriksaan pra-penggunaan atau saat memakai/menggunakan.

7. Pelatihan

- a. Pastikan semua pengguna, supervisor dan pekerja sudah mendapatkan pelatihan APD.
- b. Pastikan bahwa program pendidikan berjalan secara terus menerus.

8. Audit Program

- a. Program review setidaknya dilakukan satu kali dalam satu tahun.
- b. Review dan bandingkan kinerja produksi dan keselamatan.

9. Tanggung jawab pekerja

- a. Pastikan anda mengenakan APD yang tepat untuk pekerjaan anda. Tanyakan kepada atasan atau petugas keselamatan jika anda tidak yakin dengan APD yang anda gunakan.
- b. Periksa APD sebelum dan setelah digunakan.
- c. Jaga dan rawat APD setiap saat.
- d. Bersihkan semua APD setelah digunakan.
- e. Memperbaiki atau mengganti APD yang rusak.
- f. Simpan APD di udara kering yang bersih – bebas dari paparan sinar matahari atau kontaminan.
- g. Pastikan anda telah mendapatkan pelatihan memilih APD yang tepat, memakai APD, dan memelihara APD.
- h. Pastikan program pelatihan mencakup informasi yang menjelaskan kapan dan apa APD harus digunakan, dan mengapa APD harus dipakai.

F. Promosi Penggunaan APD Kepada Para Pekerja

Promosi kesehatan merupakan salah satu upaya pemberdayaan masyarakat untuk memelihara, meningkatkan dan melindungi kesehatan diri serta lingkungan (Ottawa, 1986). Pemberdayaan yang dimaksudkan adalah mengembangkan kemandirian yang dilakukan dengan menimbulkan kesadaran, kemauan dan kemampuan serta dengan mengembangkan iklim yang mendukung pengembangan kemandirian tersebut. Promosi kesehatan menempatkan masyarakat sebagai subyek, yang berarti masyarakat sebagai pelaku harus aktif melakukan sesuatu. Tempat kerja merupakan suatu tempat yang berhubungan erat dengan pekerja dan pengelola yang digunakan melakukan kegiatan produksi barang atau jasa dan saling berinteraksi.

Tempat kerja dapat berupa ruangan terbuka, tertutup, bergerak atau tidak bergerak. Upaya promosi kesehatan yang diselenggarakan di tempat kerja untuk memelihara dan menciptakan tempat kerja yang nyaman, aman, sehat. Kesehatan kerja merupakan terjemahan dari “occupational health” yang diartikan sebagai lapangan kesehatan yang mengurus masalah kesehatan secara menyeluruh terhadap pekerja. Kesehatan kerja bertujuan untuk memperoleh derajat kesehatan yang setinggi-tingginya, baik secara fisik, mental, sosial bagi pekerja dan lingkungannya.

Usaha untuk mencapai kesehatan kerja dilakukan dengan pendekatan preventif, promotif, rehabilitatif, hygiene, penyesuaian faktor manusia terhadap pekerjaannya, kuratif terhadap penyakit dan gangguan akibat kerja maupun lingkungan kerja, dsb (Notoatmojo, 2003). Batasan kesehatan kerja mencakup 2 hal, yaitu sebagai alat untuk mencapai derajat kesehatan tenaga kerja yang setinggi-tingginya serta sebagai alat untuk meningkatkan produksi dengan cara meningkatkan efisiensi dan produktivitas (Notoatmojo, 2003). Tujuan utama kesehatan kerja meliputi:

1. Pencegahan dan pemberantasan penyakit dan kecelakaan akibat kerja.
2. Pemeliharaan dan peningkatan kesehatan dan gizi pekerja.
3. Perawatan dan peningkatan efisiensi dan produktivitas pekerja.
4. Pemberantasan kelelahan kerja dan meningkatkan gairah serta kenikmatan kerja.
5. Perlindungan masyarakat di sekitar lingkungan kerja supaya terhindar dari bahaya pencemaran yang ditimbulkan.
6. Perlindungan masyarakat luas dari bahaya yang mungkin ditimbulkan oleh lingkungan kerja.

Tujuan akhir kesehatan kerja adalah menciptakan tenaga kerja yang sehat dan produktif. Tujuan ini dapat tercapai apabila didukung oleh lingkungan kerja yang mendukung seperti suhu ruangan yang nyaman, pencahayaan yang cukup, bebas dari debu, sikap posisi tubuh yang baik, peralatan kerja yang sesuai postur tubuh (ergonomic). Peningkatan kesehatan pekerja dan lingkungannya sangat penting untuk mencegah dan meningkatkan kesehatan pekerja (individu), lingkungan kerja dan lingkungan sekitar terhadap bahan-bahan berbahaya, stress atau lingkungan kerja yang jelek, dll. Gaya kerja yang memperhatikan kesehatan dan menggunakan pelayanan kesehatan yang ada dapat mendukung terlaksananya promosi kesehatan di lingkungan kerja.

Secara umum keuntungan promosi kesehatan di tempat kerja adalah mendorong tempat kerja dan tenaga kerja yang sehat yang sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi dan sosial. Para pekerja yang sehat merupakan aset nasional. Perusahaan yang sehat mendukung pekerja yang sehat, yang mana merupakan dasar untuk

kesejahteraan sosial ekonomi dari masyarakat. Perusahaan yang tidak sehat menjadikan pekerja yang tidak sehat, meningkatnya angka absensi dan angka kecelakaan, penyakit serta secara langsung ataupun tidak langsung meningkatkan biaya kesehatan yang tinggi bagi keluarga dan masyarakat. Apalagi sebagian besar dari waktu kehidupan pekerja banyak dihabiskan setiap harinya di tempat kerja, sehingga tempat kerja merupakan lingkungan yang yang tepat sekali untuk promosi kesehatan. Apabila hal ini dilalaikan konsekuensinya adalah lingkungan tempat kerja dapat mempengaruhi kesehatan pekerja seperti stress, kecelakaan, penyakit akibat kerja dan bukan akibat kerja.

Pelaksanaan promosi kesehatan di tempat kerja sangat menguntungkan perusahaan dan pekerja, antara lain:

Tabel 8.3. Keuntungan Pelaksanaan Promosi Kesehatan Bagi Perusahaan dan Bagi Pekerja

Bagi Perusahaan	Bagi Pekerja
Meningkatnya lingkungan kerja yang nyaman, aman dan sehat (NAS)	Lingkungan kerja menjadi nyaman, aman dan sehat (NAS)
Citra perusahaan menjadi positif	Meningkatnya rasa percaya diri
Meningkatnya moral staf	Menurunnya stress kerja
Menurunnya angka absensi	Meningkatnya semangat kerja
Meningkatnya produktifitas	Meningkatnya kemampuan
Menurunnya biaya asuransi	Meningkatnya kesehatan
Pencegahan terhadap penyakit	Lingkungan sekitar menjadi lebih sehat

Pengembangan promosi kesehatan di tempat kerja dilakukan melalui 8 langkah, yaitu:

1. Menggalang dukungan manajemen
2. Melaksanakan koordinasi
3. Melaksanakan peninjauan kebutuhan
4. Memprioritaskan kebutuhan
5. Menyusun perencanaan
6. Pelaksanaan
7. Monitoring dan evaluasi
8. Memperbaiki dan memperbaharui program

Tujuan pengembangan program promosi penggunaan APD di lingkungan kerja sangat bermanfaat bagi perusahaan dan pekerja, antara lain:

1. Membantu mengurangi tingkat kecelakaan di tempat kerja.
2. Membantu meningkatkan produktivitas dan efisiensi produksi akibat kecelakaan kerja.
3. Membantu mengurangi cacat produksi akibat kecelakaan kerja.
4. Membantu meningkatkan kesadaran pekerja akan pentingnya menggunakan APD.
5. Membantu meningkatkan kesehatan kerja dan mengurangi penyakit akibat kerja.
6. Membantu meningkatkan pengetahuan pekerja akan bahaya di tempat kerja dan alat pelindung diri.
7. Memberikan pemahaman yang lebih luas kepada pihak manajemen akan pentingnya alat pelindung diri yang digunakan pekerja dan perusahaan.

Sasaran utama dari penancangan program promosi kesehatan khususnya penggunaan APD adalah manajemen perusahaan dan pekerja. Promosi bagi manajemen perusahaan bermanfaat untuk meningkatkan kesadaran dan komitmen perusahaan untuk menerapkan penggunaan APD secara benar dan tepat untuk melindungi pekerja, sedangkan bagi pekerja bermanfaat untuk meningkatkan pengetahuan dan kesadaran pekerja terhadap bahaya di tempat kerja dan pentingnya penggunaan APD secara benar untuk menghindari kecelakaan kerja.

1. Tahap Rekognisi

Perencanaan dan persiapan yang matang perlu dilakukan dalam membuat program promosi APD agar tercapai target yang maksimal. Langkah awal yang perlu dipersiapkan sebelum program promosi direncanakan yaitu:

- a. Mendapatkan dukungan dari top manajemen
- b. Menetapkan ruang lingkup promosi APD
- c. Mengidentifikasi area atau jenis pekerjaan yang memerlukan APD dan menentukan jenis APD yang diperlukan untuk masing-masing area
- d. Mengumpulkan data-data yang berkaitan dengan pelanggaran penggunaan APD
- e. Mengumpulkan data-data kesehatan terutama yang berkaitan dengan penyakit akibat kerja (PAK)

2. Tahap Analisa

Informasi-informasi yang terkumpul dari tahap rekognisi kemudian dilakukan analisa dan diolah bersama-sama dengan tim internal departemen K3. Analisa dan pengolahan informasi tersebut kemudian dijadikan sebagai landasan untuk mengembangkan program promosi APD, seperti:

- a. Penentuan program yang akan menjadi prioritas utama dari promosi.
- b. Penentuan jenis APD yang sesuai dengan jenis bahaya dari setiap area kerja.
- c. Perilaku pekerja dalam menggunakan APD selama berada di tempat kerja.
- d. Target penyampaian kepada pekerja yang tingkat pengetahuan tentang APD masih kurang.
- e. Kebijakan dan komitmen perusahaan dalam implementasi penggunaan APD termasuk ketersediaan APD yang sesuai dengan standar yang ditetapkan.
- f. Kesesuaian program dengan kebutuhan perusahaan.

3. Tahap Perencanaan

Perencanaan program promosi APD dimulai dengan membentuk tim promosi yang mewakili beberapa bagian departemen seperti produksi, laboratorium, engineering, dll. Tim yang telah terbentuk akan merencanakan program promosi, target yang ingin dicapai serta budget anggaran yang diperlukan untuk melaksanakan program. Perencanaan program promosi meliputi:

- a. Menentukan sasaran dan tujuan program.
- b. Menentukan target yang ingin dicapai dalam jangka waktu tertentu.
- c. Menentukan bentuk program dan dana yang dibutuhkan.
- d. Membuat jadwal pelaksanaan dan evaluasi.
- e. Menentukan tolok ukur keberhasilan program.
- f. Merancang program komunikasi sebagai media promosi yang menarik minat pekerja untuk berpartisipasi.

4. Tahap Komunikasi

Salah satu kunci sukses pelaksanaan suatu program adalah bagaimana cara perusahaan mengkomunikasikan target promosi. Metoda komunikasi yang dilakukan untuk mendukung terlaksananya prorogram ini meliputi:

- a. Komunikasi langsung dari top manajemen sebagai bentuk dukungan dan komitmen manajemen terhadap program promosi.
- b. Komunikasi dari manajer masing-masing departemen.
- c. Komunikasi melalui daily meeting.
- d. Komunikasi melalui email, papan pengumuman, stiker, spanduk, dll.

5. Tahap Persiapan

Setelah program promosi disepakati oleh manajemen dan menjadi bagian dari program utama suatu perusahaan, sebaiknya dilakukan persiapan sebelum pelaksanaan program promosi, meliputi:

- a. Kesiapan manajemen dalam mendukung program terutama alokasi dana kegiatan.
- b. Kesiapan semua tim dalam melaksanakan program baik secara fisik maupun non fisik, seperti pengetahuan yang cukup sebagai trainer atau surveyor.
- c. Kesiapan sarana dan prasarana pendukung kegiatan seperti alat uji dan alat ukur, alat dan media training, demo unit dan sampel untuk trial.
- d. Kesiapan administrasi dan dokumentasi berbagai kegiatan, terutama dalam bentuk prosedur, pelaporan, evaluasi, umpan balik dan pencatatan.

6. Tahap Implementasi

Pelaksanaan program-program yang telah direncanakan secara konsisten dan berkesinambungan, yang melibatkan manajemen dan pekerja secara menyeluruh.

7. Tahap Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk melihat keberhasilan program promosi APD. Beberapa indikator yang digunakan sebagai patokan keberhasilan, yaitu:

- a. Pencapaian target dari rencana program yang telah terlaksana dengan baik sesuai target dan waktu yang ditetapkan.
- b. Meningkatnya kesadaran pekerja dalam menggunakan APD sesuai standar yang telah direkomendasikan.
- c. Berkurangnya pelanggaran penggunaan APD.
- d. Menurunnya tingkat cidera atau penyakit akibat kerja.

G. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD atau PPE) kepada Pekerja

Ada beberapa metoda yang dapat dilakukan dalam mengendalikan bahaya di tempat kerja untuk menurunkan tingkat kecelakaan akibat kerja, yaitu:

1. **Engineering control**, yaitu dengan menambahkan berbagai peralatan dan mesin yang dapat mengurangi bahaya dari sumbernya. Contohnya adalah penggunaan exhaust dan system ventilasi untuk meminimalisir bahaya debu atau gas. Akan tetapi pengendalian dengan system engineering control membutuhkan dana yang besar.

2. **Administrative control**, yaitu dengan membuat berbagai prosedur kerja termasuk kebijakan manajemen dalam implementasi K3. Tujuannya adalah agar pekerja bekerja sesuai dengan instruksi yang sudah ditetapkan sehingga kecelakaan atau kesalahan kerja dapat dihindari. Termasuk didalam administrasi control yaitu dengan menyediakan alat pelindung diri (APD) atau personal protective equipment (PPE) bagi setiap pekerja yang terpajan dengan bahaya di tempat kerja.
3. Metoda lain yang dapat digunakan untuk pengendalian bahaya adalah **Inherently Safer Alternative Method**, dimana metoda ini memiliki empat strategi pengendalian bahaya, yaitu:
 - a. **Minimize** yaitu dengan cara meminimalkan tingkat bahaya dari sumbernya dengan mengurangi jumlah pemakaian atau volume penyimpanan dan proses.
 - b. **Substitute** yaitu dengan cara mengganti bahan yang berbahaya dengan yang kurang berbahaya. Contohnya adalah menggunakan metoda water base sebagai pengganti solven base. Water base lebih aman dan ramah lingkungan dibandingkan solven base.
 - c. **Moderate** yaitu mengurangi bahaya dengan cara menurunkan konsentrasi bahan kimia yang digunakan. Contohnya adalah menggunakan bahan kimia dengan konsentrasi yang lebih rendah sehingga tingkat bahaya pajanannya menjadi lebih rendah.
 - d. **Simplify** yaitu mengurangi bahaya dengan cara membuat prosesnya menjadi lebih sederhana sehingga lebih mudah di control.

Semua metoda pengendalian tersebut dapat dilakukan secara bersamaan, karena tidak ada satu metodapun yang betul-betul bisa menurunkan bahaya dan resiko sampai pada posisi nol, artinya para pekerja masih besar kemungkinannya terpajan terhadap bahaya ditempat kerja. Untuk itu sebagai pertahanan dan perlindungan terakhir bagi pekerja adalah dengan menggunakan APD.

Berdasarkan Undang-Undang RI No. 1 tahun 1970 bahwa pengurus atau pimpinan tempat kerja berkewajiban menyediakan alat pelindung diri (APD / PPE) untuk para pekerja dan para pekerja berkewajiban memakai APD / PPE dengan tepat dan benar. Tujuan dari penerapan Undang-Undang ini adalah untuk melindungi kesehatan pekerja tersebut dari risiko bahaya di tempat kerja. Jenis APD / PPE yang diperlukan dalam berbagai aktifitas kerja di industri sangat tergantung pada aktifitas yang dilakukan dan jenis bahaya yang terpapar.

Kesadaran para pekerja akan penggunaan alat pelindung diri (APD) dalam bekerja ternyata masih sangat rendah. Berdasarkan temuan dari survei yang penulis lakukan sejak tahun 2004 sampai saat ini banyak sekali ditemukan kesalahan dan kekurangan dalam menggunakan APD di berbagai perusahaan baik lokal maupun yang berskala internasional (lihat grafik). Ada dua faktor utama yang melatar belakangi masalah ini yaitu rendahnya tanggung jawab management terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja dan rendahnya tingkat kesadaran para pekerja dalam menggunakan APD.



Gambar 8.28. Pemenuhan Persyaratan APD Pada Berbagai Industri

Manajemen sebagai wakil dari pemegang saham atau pemilik perusahaan sepenuhnya bertanggung jawab atas keselamatan dan kesehatan pekerja di tempat kerja dengan menyediakan tempat kerja yang aman dan alat pelindung diri yang memadai. Namun pada kenyataannya manajemen perusahaan masih menempatkan keselamatan dan kesehatan pekerja di urutan bawah dari skala prioritas dari suatu program perusahaan terutama kalau sudah berhubungan dengan anggaran keuangan.

Sebagai dampak dari hal tersebut para pekerja hanya diberikan APD seadanya tanpa mempertimbangkan tingkat bahaya di tempat kerja yang dihadapi setiap hari, tidak mendapatkan pelatihan yang mencukupi mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja di tempat kerja dan bahkan ada perusahaan yang secara sengaja membodohi para pekerja dengan mengatakan pekerjaan yang mereka lakukan tidak berdampak terhadap kesehatan pekerja atau tidak berbahaya.

Ada beberapa alasan klasik yang selalu dikemukakan oleh pihak manajemen terhadap para pekerja dalam penyediaan APD yaitu:

1. Anggarannya terlalu besar, keuangan perusahaan tidak mampu mendanainya.
2. APD yang tersedia sudah mencukupi karena banyak perusahaan lain juga menggunakan APD yang sama, Meskipun sebenarnya APD tersebut tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan.
3. Tingkat paparan masih dibawah nilai ambang batas (NAB).
4. Tidak di rekomendasikan oleh induk perusahaan.
5. Kondisi seperti ini sudah berlangsung bertahun-tahun dan tidak ada masalah.

Dengan alasan-alasan tersebut akhirnya para pekerja dipaksa menerima APD seadanya atau bahkan tanpa APD dalam bekerja (lihat grafik).



Gambar 8.29. Grafik data penerapan APD

Dalam berbagai survey yang dilakukan juga di temukan banyak perusahaan yang sudah menyediakan APD yang sangat baik buat para pekerja, bahkan ada beberapa perusahaan yang menyediakan APD secara berlebihan atau over spec bagi para pekerja. Namun masalah yang dihadapi oleh pihak manajemen adalah rendahnya tingkat kesadaran para pekerja dalam menggunakan APD secara benar selama bekerja. Banyak pekerja yang main kucing-kucingan dengan supervisor atau manager dalam menggunakan APD. Dalam beberapa diskusi dengan para pekerja dan berdasarkan observasi penulis ditemukan beberapa alasan akan rendahnya kesadaran para pekerja akan penggunaan APD, yaitu:

1. Ketidaknyamanan dalam penggunaan APD selama bekerja, ini merupakan alasan yang paling banyak dikemukakan oleh para pekerja, diantaranya adalah panas, berat, berkeringat atau lembab, sakit, pusing, sesak, dsb.
2. Merasa bahwa pekerjaan tersebut tidak berbahaya atau berdampak pada kesehatannya. Terutama bagi para pekerja yang sudah bertahun-tahun melakukan pekerjaan tersebut.
3. Kesalah pahaman terhadap fungsi APD akibat kurangnya pengetahuan akan fungsi dan kegunaan APD.
4. APD mengganggu kelacaran dan kecepatan pekerjaan.
5. Susah menggunakan dan merawat APD.

Hal lain yang juga ditemukan dalam survey ini adalah penggunaan APD yang tidak tepat atau sesuai dengan paparan bahaya yang dihadapi. Hal ini disebabkan kurangnya pengetahuan atau informasi tentang APD dan jenis atau kondisi bahaya yang dihadapi. Banyak perusahaan yang menjual APD tidak memberikan informasi atau training yang memadai tentang penggunaan, fungsi, jenis, aplikasi, perawatan APD dan dampak kesehatan penggunaan APD.

Apabila APD digunakan secara benar dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, maka tingkat kecelakaan dan sakit akibat kerja akan dapat dikurangi. Penurunan tingkat kecelakaan dan sakit akibat kerja akan meningkatkan produktivitas kerja sehingga perusahaan akan menjadi lebih sehat.

Untuk mencapai hal ini maka kondisi-kondisi berikut harus terpenuhi:

1. Adanya komitmen dari manajemen untuk melindungi pekerja, salah satunya dengan menyediakan APD yang sesuai dengan standar.
2. Adanya kebijakan/ prosedur/ WI yang mengatur penggunaan APD bagi pekerja.
3. Adanya training secara regular tentang tata cara pengenalan resiko, pengendalian resiko dan penggunaan APD.
4. Adanya program komunikasi untuk meningkatkan awareness pekerjng dalam menggunakan APD seperti regular meeting, poster, stiker dan singnage.
5. Pekerja mengetahui dengan baik bahaya-bahaya yang ada di tempat kerja.
6. Pekerja mengetahui dengan baik dampak kesehatan dari pajanan bahaya-bahaya tersebut.
7. Pekerja mengetahui dengan baik cara-cara pengendalian bahaya tersebut.
8. Pekerja mendapatkan APD yang sesuai dengan pajanan bahaya yang dihadapi.
9. Pekerja secara konsisten dan benar menggunakan APD pada saat melakukan pekerjaan.
10. Pekerja memakai APD secara tepat dan benar selama bekerja.

H. Kesimpulan

Pemakaian Alat Perlengkapan Diri menjadi hal yang sangat vital dan penting khususnya bagi sesuatu pekerjaan yang menggunakan tingkat resiko yang tinggi dan bahaya. Dalam dunia kelistrikan APD menjadi sebuah kewajiban bagi para pelaksana kegiatan karena tingkat bahaya yang sanata tinggi yang ditimbulkan. Pemakaian APD haruslah disesuaikan dengan tingkat bahaya dan resiko yang ditimbulkan dari suatu pekerjaan. Namun dalam pemakaiannya kita harus sesuaikan jangan sampai pemakaian APD yang berlebihan, sebenarnya hal tersebut tidak masalah tapi dapat mengganggu kegiatan praktik.

BAB IX

PROSEDUR PENANGANAN KECELAKAAN KERJA

A. Pentingnya Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Terdapat beberapa alasan mengenai penerapan Manajemen K3 pada suatu pekerjaan maupun perusahaan, hal tersebut dapat kita tinjau dari dari aspek manusiawi, ekonomi, UU dan nama baik suatu instuti (adrian 2009). Berikut ini merupakan beberapa argumentasi mengenai pentingnya sistem Managenet K3.

1. Alasan Manusiawi

Membiarkan terjadinya kecelakaan kerja, tanpa berusaha melakukan sesuatu untuk memperbaiki keadaan, merupakan suatu tindakan yang tidak manusiawi. Hal ini di karenakan kecelakaan yang terjadi tidak hanya menimbulkan penderitaan bagi korbannya (misalnya kematian, cacat/luka berat, luka ringan), melainkan juga penderitaan bagi keluarganya dan merugikan suatu element organisasi, apabila perkerjaan tersebut pada suatu lembaga organisasi. Oleh karena itu pengusaha atau institut harus mempunyai kewajiban untuk melindungi pekerja atau rekan kerjanya dengan cara menyediakan lapangan kerja yang aman.

2. Alasan Ekonomi

Setiap kecelakaan kerja yang terjadi akan menimbulkan kerugian ekonomi, seperti kerusakan mesin, peralatan, bahan dan bangunan, biaya pengobatan, dan biaya santunan kecelakaan. Oleh karena itu, dengan melakukan langkah-langkah pencegahan kecelakaan, maka selain dapat mencegah terjadinya cedera pada pekerja, kontraktor juga dapat menghemat biaya yang harus dikeluarkan.

3. Alasan UU dan Peraturan

UU dan peraturan dikeluarkan oleh pemerintah atau suatu organisasi bidang keselamatan kerja dengan pertimbangan bahwa masih banyak kecelakaan yang terjadi, makin meningkatnya pembangunan dengan menggunakan teknologi modern, sedangkan kesadaran mengenai keselamatan kerja sendiri kurang diperhatikan dapat dicontohkan pekerjaan konstruksi merupakan kompleksitas kerja yang dapat merupakan sumber terjadinya kecelakaan kerja dan pentingnya arti tenaga kerja di bidang konstruksi.

Tetapi terkadang mereka malah mengabaikan itu dengan tidak menggunakan pengaman yang sudah ditentukan ataupun yang harus di gunakan. Berdasarkan UUD 1945 Pasal 27 ayat (2) tersebut, kemudian ditetapkan UU RI No. 14 Tahun 1969 tentang Ketentuan-ketentuan Pokok Ketenagakerjaan. Dalam UU Pokok Ketenagakerjaan tersebut diatur tentang perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja, yaitu:

- a. Pasal 9 yang menyatakan bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapatkan perlindungan atas keselamatan, kesehatan, pemeliharaan moril kerja serta perlakuan sesuai dengan harkat dan martabat serta moral agama.
- b. Pasal 10 yang menyatakan bahwa pemerintah membina perlindungan kerja yang mencakup:
 - 1) Norma keselamatan kerja
 - 2) Norma kesehatan kerja dan hygiene perusahaan
 - 3) Norma kerja

- 4) Pemberian ganti kerugian, perawatan, dan rehabilitasi dalam hal kecelakaan kerja.

Seiring berjalannya waktu, UU RI No. 14 Tahun 1969 tidak lagi sesuai dengan perkembangan dan tuntutan zaman sehingga diganti dengan UU RI No. 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. UU tersebut mempertegas perlindungan tenaga kerja terhadap aspek K3 sebagaimana termaktup dalam Pasa 86 dan 87 UU RI No. 13 Tahun 2003.

a. Pasal 86

- 1) Ayat (1): Setiap pekerja/buruh mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas keselamatan dan kesehatan kerja; moral dan kesusilaan; dan perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat manusia serta nilai-nilai agama.
- 2) Ayat (2): Untuk melindungi keselamatan pekerja/buruh guna mewujudkan produktivitas kerja yang optimal diselenggarakan upaya keselamatan dan kesehatan kerja.

- b. Pasal 87 Ayat (1): Setiap perusahaan wajib menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) yang terintegrasi dengan sistem manajemen perusahaan.

4. Nama Baik Institusi

Suatu perusahaan yang mempunyai reputasi yang baik dapat mempengaruhi kemampuannya dalam bersaing dengan perusahaan lain. Reputasi atau citra perusahaan juga merupakan sumber daya penting terutama bagi industri jasa, termasuk jasa konstruksi, karena berhubungan dengan kepercayaan dari pemberi tugas/pemilik proyek. Prestasi keselamatan kerja perusahaan mendukung reputasi perusahaan itu, sehingga dapat dikatakan bahwa prestasi keselamatan kerja yang baik akan memberikan keuntungan kepada perusahaan secara tidak langsung.

B. Pertolongan Pertama pada Kecelakaan.

Merupakan suatu tindakan atau penanganan awal yang dilakukan dalam suatu insiden ataupun penyakit. Perawatan pertama biasanya dilakukan oleh orang yang bukan ahlinya melainkan orang yang berada pada kejadian atau insiden tersebut, sambil menunggu dari pihak yang lebih ahli. Dapat dikatakan bahawa pertolongan pertama adalah perawatan pertama kepada seorang yang mendapat kecelakaan atau sakit yang tiba-tiba datang sebelum mendapat pertolongan dari medis.

Jadi pertolongan pertama merupakan pertolongan yang diberikan terhadap korban dengan tujuan mencegah keadaan agar tidak menjadi ledih buruk dari sebelumnya, sampai si korban mendapatkan pertolongan atau perawatan dari tenaga medis resmi. Sehingga pertolongan pertama ini hanya tindakan pecegahan dan penanganan secara sementara bukan tindakan pengobatan yang sesungguhnya, dari suatu diagnosa penyakit agar si penderita sembuh dari penyakit yang dialami. Dan pertolongan ini harus dilakukan secara cepat dan tepat, sebab apabila dalam penanganan salah maka akan berakibat fatal dan berakibat pada cacat tubuh bahkan kematian.

C. Dasar-Dasar Pertolongan Pertama.

1. Prinsip-Prinsip Dasar dalam Menangani Suatu Keadaan darurat.

Adapun prinsip-prinsip dasar dalam menangani suatu keadaan darurat tersebut :

- a. Pastikan Anda bukan menjadi korban berikutnya. Seringkali kita lengah atau kurang berfikir panjang bila kita menjumpai suatu kecelakaan. Sebelum kita menolong korban, periksa dulu apakah tempat tersebut sudah aman atau masih dalam bahaya.
 - b. Pakailah metode atau cara pertolongan yang cepat, mudah dan efisien. Hindarkan sikap sok pahlawan. Pergunakanlah sumberdaya yang ada baik alat, manusia maupun sarana pendukung lainnya. Bila Anda bekerja dalam tim, buatlah perencanaan yang matang dan dipahami oleh seluruh anggota.
 - c. Biasakan membuat catatan tentang usaha-usaha pertolongan yang telah Anda lakukan, identitas korban, tempat dan waktu kejadian. Catatan ini berguna bila penderita mendapat rujukan atau pertolongan tambahan oleh pihak lain.
- 2. Sistematika Pertolongan Pertama Secara umum urutan Pertolongan Pertama pada korban kecelakaan adalah :**

a. Jangan Panik

Berlakulah cekatan tetapi tetap tenang. Apabila kecelakaan bersifat massal, korban-korban yang mendapat luka ringan dapat dikerahkan untuk membantu dan pertolongan diutamakan diberikan kepada korban yang menderita luka yang paling parah tapi masih mungkin untuk ditolong.

b. Jauhkan atau hindarkan korban dari kecelakaan berikutnya.

Pentingnya menjauhkan dari sumber kecelakaannya adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan ulang yang akan memperberat kondisi korban. Keuntungan lainnya adalah penolong dapat memberikan pertolongan dengan tenang dan dapat lebih mengkonsentrasikan perhatiannya pada kondisi korban yang ditolongnya. Kerugian bila dilakukan secara tergesa-gesa yaitu dapat membahayakan atau memperparah kondisi korban.

c. Perhatikan pernafasan dan denyut jantung korban.

Bila pernafasan penderita berhenti segera kerjakan pernafasan bantuan. Bila terjadi pendarahan maka pendarahan yang keluar pembuluh darah besar dapat membawa kematian dalam waktu 3-5 menit. Dengan menggunakan saputangan atau kain yang bersih tekan tempat pendarahan kuat-kuat kemudian ikatlah saputangan tadi dengan dasi, baju, ikat pinggang, atau apapun juga agar saputangan tersebut menekan luka-luka itu. Kalau lokasi luka memungkinkan, letakkan bagian pendarahan lebih tinggi dari bagian tubuh.

d. Perhatikan tanda-tanda shock.

Korban-korban ditelentangkan dengan bagian kepala lebih rendah dari letak anggota tubuh yang lain. Apabila korban muntah-muntah dalam keadaan setengah sadar, baringkan telungkup dengan letak kepala lebih rendah dari bagian tubuh yang lainnya. Cara ini juga dilakukan untuk korban-korban yang dikhawatirkan akan tersedak muntahan, darah, atau air dalam paru-parunya. Apabila penderita mengalami cedera di dada dan penderita sesak nafas (tapi masih sadar) letakkan dalam posisi setengah duduk.

e. Jangan memindahkan korban secara terburu-buru.

Korban tidak boleh dipindahkan dari tempatnya sebelum dapat dipastikan jenis dan keparahan cedera yang dialaminya kecuali bila tempat kecelakaan tidak memungkinkan bagi korban dibiarkan ditempat tersebut. Apabila korban hendak diusung terlebih dahulu pendarahan harus dihentikan serta tulang-tulang yang patah dibidai. Dalam mengusung korban usahakanlah supaya kepala korban tetap terlindung dan perhatikan jangan sampai saluran pernafasannya tersumbat oleh kotoran atau muntahan.

Berikut ini merupakan Contoh pertolongan pertama pada suatu kasus yang terjadi pada suatu bengkel instalasi listrik, apabila sikorban terkena aliran listrik maka yang akan terjadi adalah korban akan terjatuh setelah aliran listrik terputus. Maka yang harus dilakukan dalam pertolongan pertama yaitu :

- a. Sedapat mungkin penghantar harus bebas dari tegangan.
- b. Memposisikan korban pada keadaan yang lebih nyaman dan baik.
- c. Penolong harus dalam keadaan nyaman dan aman terlebih dahulu.
- d. Pastikan bahwa kondisi korban aman dari ancaman bahaya yang lainnya.

Sedapat mungkin korban jauh dari kerumunan orang itu akan membuat dirinya menjadi lebih baik dan tidak terlalu shock, setelah kondisi korban lebih baik kita kasih minum agar diri si korban lebih tenang setelah itu biarkan korban untuk beristirahat sejenak guna memulihkan kondisinya. Sedangkan untuk pertolongan pada korban luka maupun yang mengalami patah tulang, keracunan gas, dan tenggelam. Maka yang harus kita lakukan pada pertolongan pertama adalah sebagai berikut :

a. Korban luka

- 1) Basuh luka menggunakan air dan antiseptik, bila luka tampak kotor.
- 2) Segera balut luka dengan menggunakan pembalut yang steril; jangan membalut luka menggunakan bahan seperti, kain atau pita.
- 3) Pada saat membalut luka posisikan badan atau organ tubuh yang luka terangkat keatas.

b. Korban patah tulang

Tulang yang patah harus diusahakan agar jangan banyak berberak. Bandutlah bagian itu pada bidai (splints), meskipun belum tentu tulangnya patah. Untuk lengan yang patah cukup dipakai satu papan bidai saja, sedangkan untuk kaki diperlukan dua atau tiga papan. Sebagai pembalut dapat digunakan pita, kain atau tali yang lunak. Bandutlah bidai di beberapa tempat sehingga sendi yang berhubungan dengan bagian badan yang patah tak dapat bergerak.

Apabila bidai yang khusus untuk tulang patah tidak ada, lengan yang patah untuk sementara dibandut pada dada (ditekuk pada sisi) atau digantung dengan kain segitiga; tungkai kaki yang patah dibandut pada papan atau tongkat. Jika tak ada papan atau bandut pada tungkai kaki yang utuh. Aturan di atas tidak berlaku bagi tulang belakang atau tulang punggung yang patah. Dalam hal ini geserlah korban dengan hati-hati pada meja datar yang kuat. Jangan sekali-kali mengangkat badan korban.

c. Korban keracunan gas

Usahakan agar penderita keracunan gas mendapat udara yang bersih. Bawalah dia ke luar atau bukalah jendela lebar-lebar. Gas yang berbahaya ada dua macam, yaitu:

- 1) Gas yang tidak merusakkan paru, misalnya gas yang meracuni darah dan syaraf, narkotika, karbon monoksida, asam sianida, eter, kloroform, uap bensin atau benzol. Bukalah baju korban, dan jangan sekali-kali memberi minum pada penderita yang pingsan. Gosoklah tangan dan kakinya dengan tangan. Apabila pernafasan berhenti, usahakan pernafasan buatan, kalau dapat dengan alat penghisap oksigen.
- 2) Gas yang merusak paru, misalnya klor, fosgen, gas nitro, dan sulfur dioksida. Bukalah baju korban, kemudian jauhkan dia dari baju yang sudah penuh mengandung gas. Usahakan agar korban tenang dan berbaring terlentang, jangan diperbolehkan untuk berjalan. Apabila penderita sudah sadar, berilah sedikit air kopi atau air teh panas, hal ini tidak boleh diberi pernafasan buatan.

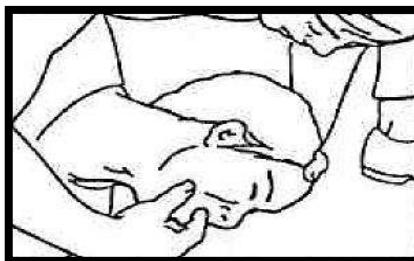
d. Korban tenggelam

Untuk menolong orang yang tenggelam, peganglah ia dari belakang untuk menjaga keselamatan diri penolong. Peganglah di bawah ketiak atau dagunya, sementara lutut penolong didorongkan ke punggung korban. Jika perlu tutup hidungnya secara paksa dengan jari. Setelah penderita sampai di darat, kendurkan semua pakaian yang menyesakannya, bersihkan mulutnya dari pasir atau lumpur, dan lepaskan gigi palsu apabila menggunakan gigi palsu, dan penolong berdiri di tengah-tengahnya dengan kaki mengangkang. Tempatkan kedua tangan penolong pada perut penderita dekat pada rusuk yang paling bawah, lalu angkatlah sehingga kepala penderita merunduk ke lantai dan air ke luar dari mulutnya. Jika pernafasan berhenti, segera lakukan pernafasan buatan.

e. Pernafasan buatan

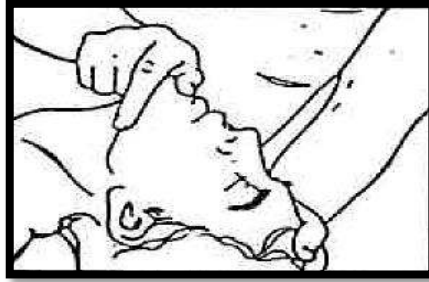
Penyelamatan pada korban kecelakaan kejut listrik dapat mengagetkan korban dan menghentikan nafas korban. Berikut langkah-langkah ditempuh untuk memberikan pernafasan buatan:

- 1) Menyadarkan kembali korban,
- 2) Segera cari pertolongan,
- 3) Periksa reaksi, goyang dengan pelan dan teriak dengan keras, bila tidak ada reaksi, maka lakukan hal sebagai berikut:
 - a) Pertama



- (1) letakkan korban pada sisinya,
- (2) buka mulutnya dan periksa benda-benda asing,
- (3) bila ada, bebaskan jalan pernafasan dengan jari.

b) Kedua



- (1) baringkan korban pada punggungnya,
- (2) angkat kepalanya ke belakang dan angkat dagunya ke depan.

c) Ketiga



- (1) periksa nafas, periksa gerakan di dada, dengarkan dan rasakan adanya nafas,
- (2) bila tidak ada nafas, maka pencet hidung sampai tertutup dengan ibu jari dan telunjuk,
- (3) tiup ke dalam mulut korban

d) Keempat

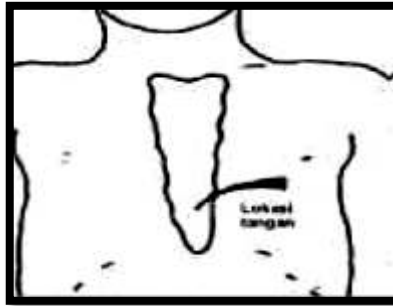


Berikan dengan cepat 5 kali tiupan pernafasan, dan diikuti dengan satu pernafasan setiap 5 detik (12 kali per menit). CATATAN Untuk anak di bawah 2 tahun letakkan mulut anda pada hidung dan mulut korban dan berikan 20 tiupan ringan per menit.

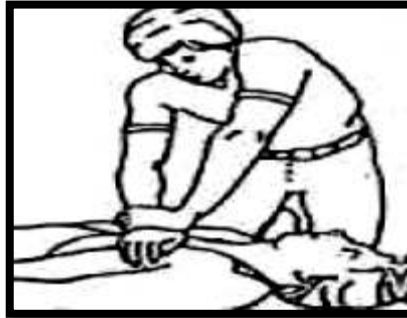
e) Kelima



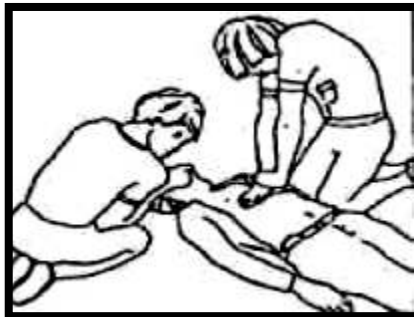
Periksa denyut carotid.



Bila tidak ada denyut, letakkan tangan anda di tulang dada sebelah bawah.

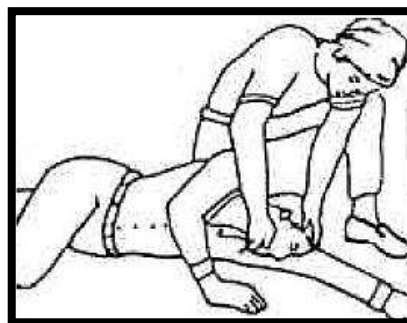


Satu orang operator: Berikan 15 kali tekanan pada jantung, diikuti dengan 2 kali pernafasan dengan cepat. Lepaskan tekanan pada jantung 5 cm sebanyak 80 tekanan per menit.



Dua orang operator: Berikan 5 kali tekanan jantung, selanjutnya satu pernafasan penuh tanpa interupsi pada tekanan jantung dengan kecepatan 60 tekanan per menit.

f) Keenam



(1) Bila denyut korban dan pernafasan alamiah telah kembali, hentikan penyadaran kembali, dan letakkan korban pada posisi recovery atau posisi koma.

- (2) Perhatikan terus korban, untuk memastikan dia tidak berhenti bernafas lagi, sampai perawat ahli mengambil alih.
- g) Periksa denyut setelah 1 menit pertama, selanjutnya setiap 3 menit. Bila denyut kembali, teruskan pernafasan mulut ke mulut sampai pernafasan kembali. CATATAN Informasi ini hanya merupakan suatu panduan. Disarankan agar petugas yang berhubungan dengan pekerjaan pemasangan atau perawatan instalasi listrik, memperoleh pelatihan resmi mengenai cara-cara terbaru pertolongan menyadarkan kembali korban.

BAHAYA :

- (1) Usahakan keselamatan anda sendiri dan keselamatan korban dan orang-orang sekeliling.
- (2) Tegangan tinggi, tunggu sampai suplai daya diputuskan.
- (3) Tegangan rendah, segera matikan suplai daya. Bila hal ini tidak dapat dilakukan, maka tarik atau dorong korban dari hubungan listrik memakai bahan tidak konduktif yang kering seperti kayu, tali, pakaian, plastik atau karet. Jangan mempergunakan metal atau apapun yang lembab.

f. Pingsan alam

Ada kemungkinan seorang penderita mengalami pingsan alam. Dalam peristiwa ini, penderita harus dijaga agar tetap hangat dengan jalan menyelimutinya, dan jika mungkin botol berisi air panas ditempatkan pada kakinya.

g. Minuman perangsang

Minuman perangsang tidak boleh diberikan kepada penderita yang pingsan. Minuman panas tidak boleh diberikan kecuali penderita sudah benar-benar sadar.

h. Keselamatan kerja

- (1) Tersedianya alat untuk pertolongan.
- (2) Setiap kecelakaan yang membutuhkan pengobatan, pertolongan, atau perawatan, terlebih dulu harus dilaporkan secepat mungkin kepada orang yang diberi wewenang mengepalai pekerjaan yang bersangkutan, yang selanjutnya akan melaporkan kejadian itu secara terinci kepada ahli teknik atasannya.
- (3) Setiap kecelakaan harus dicatat dalam sebuah buku statistik kecelakaan, yang antara lain harus berisi data berikut:
 - a) Nomor urutan,
 - b) Nama penderita,
 - c) Jam, hari, tanggal, dan tahun terjadinya kecelakaan,
 - d) Sebab kecelakaan,
 - e) Macam dan akibat kecelakaan,
 - f) Pertolongan pertama yang diberikan dengan menyebutkan jam, tanggal, dan macam pertolongan pertama tersebut,
 - g) Nama saksi yang melihat kecelakaan, dan
 - h) Keterangan lain yang diperlukan.
- (4) Ruang kerja listrik yang dengan teratur dan terus-menerus dilayani dan dijaga oleh petugas, misalnya pusat pembangkit listrik, gardu induk, gardu hubung, bengkel listrik dan gudang, harus dilengkapi perlengkapan pencegah bahaya kebakaran. Di tiap ruang harus tersedia alat pemadam kebakaran racun api (brandblusser) dengan isi obat racun api yang cukup, sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- (5) Ruang kerja listrik yang dengan teratur atau terus menerus dilayani atau dijaga oleh petugas, seperti pusat pembangkit listrik, gardu induk, gardu hubung, dan

bengkel listrik, harus dilengkapi perlengkapan kecelakaan seperti obat-obatan (PPPK), tanda, tandu, dan lain sebagainya.

- (6) Pada ruang kerja listrik berbahaya seperti pusat pembangkit listrik, gardu induk, gardu hubung, gardu distribusi, bengkel listrik, gudang listrik harus dipasang papan larangan masuk bagi setiap orang yang bukan petugas (yang tidak berkepentingan).
- (7) Dalam ruang kerja listrik berbahaya para petugas harus menggunakan pakaian kerja yang baik, kering dan cocok menurut keadaan iklim dan aman sesuai dengan sifat pekerjaan yang dihadapi.
- (8) Selain ketentuan di atas harus diperhatikan pula peraturan keselamatan kerja yang dikeluarkan oleh pemerintah.

D. Identifikasi kecelakaan kerja.

Alasan yang menjadi dasar dilakukannya analisa dan pelaporan penyebab terjadinya kejadian kecelakaan adalah agar dapat diidentifikasi dan dapat dilakukan tindakan perbaikan yang memadai untuk mencegah agar tidak terulangnya kembali kejadian kecelakaan sehingga dapat melindungi pekerja dan lingkungan. Analisa Root Cause (akar penyebab) dan proses pelaporan dari suatu kejadian mencakup lima tahapan, yaitu:

1. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan tahap penting untuk memulai analisa akar penyebab suatu kejadian. Pengumpulan data dilakukan setelah kejadian itu terjadi untuk memastikan agar tidak ada data yang hilang, sehingga data yang kita dapat masih murni belum ada rekayasa, dan kita dapat lebih mudah melakukan analisis mengenai apa yang terjadi. Tanpa mengorbankan keselamatan atau pemulihan, data harus dikumpulkan bahkan selama kejadian kecelakaan. Informasi yang harus dikumpulkan meliputi kondisi sebelum, selama dan setelah kejadian, personil yang terlibat (termasuk tindakan yang diambil), faktor lingkungan serta informasi lainnya yang berkaitan dengan kejadian kecelakaan.

2. Tahap Penilaian

Tahap penilaian meliputi:

- a. Identifikasi masalah.
- b. penentuan pentingnya masalah.
- c. Identifikasi penyebab, kondisi dan tindakan sebelum dan selama kejadian.
- d. Identifikasi alasan mengapa penyebab kejadian dan menganalisa akar penyebabnya.

3. Tahap Tindakan Korektif

Tindakan korektif dilakukan untuk mengurangi penyebab kemungkinan kejadian dan meningkatkan kehandalan sistem keselamatan dan keamanan. Perencanaan tindakan korektif harus berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan sebelumnya, dengan mempertimbangkan tiga faktor utama penyebab kecelakaan, yaitu: working condition, sistem manajemen dan human factor.

Penyebab dasar kecelakaan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yang saling berhubungan, yaitu (Heinrich, 1980)

- a. **Kebijakan dan Keputusan Manajemen**, merupakan kebijakan dan keputusan manajemen, misalnya target produksi dan keselamatan; prosedur kerja; pencatatan; penugasan tanggung jawab dan otoritas; kepercayaan;

pemilihan karyawan, pelatihan, penempatan, pengawasan dan pengarahan; prosedur komunikasi; prosedur inspeksi; peralatan suplai, dan desain fasilitas; pembelian dan perawatan; prosedur pekerjaan standar dan darurat; serta kebersihan dan kerapian.

- b. **Faktor Personal (Pekerja)**, merupakan faktor personal atau pekerja, misalnya motivasi; keadaan fisik dan mental; waktu reaksi; kepedulian pribadi; serta kesadaran diri.
- c. **Faktor Lingkungan**, misalnya kondisi yang terdapat pada lingkungan sekitar kerja meliputi temperatur; tekanan; kelembaban; debu; gas; uap; aliran udara; kebisingan; pencahayaan; kondisi gedung (bangunan); kondisi alami lingkungan (permukaan yang licin, hambatan, penopang yang tidak baik, benda berbahaya).

4. Tahap Menginformasikan

Hasil analisis penyebab kecelakaan harus dikomunikasikan dan diinformasikan kepada semua stakeholder. Penjelasan kepada pekerja yang berhubungan dengan proses terjadinya kecelakaan secara detil dilakukan melalui daily meeting, news letter, papan informasi, dll. Informasi yang disampaikan meliputi penyebab dan proses terjadinya kecelakaan, tindakan korektif yang akan dilakukan dan penekanan terhadap keterlibatan dalam rangka mencegah terjadinya kecelakaan serupa.

5. Tahap Tindak Lanjut

Tindak lanjut merupakan tahapan untuk menentukan apakah tindakan perbaikan telah efektif dalam memecahkan masalah. Kajian efektivitas sangat penting untuk memastikan bahwa tindakan perbaikan yang telah ditetapkan dapat mencegah kejadian agar tidak terulang kembali.

BAB X ORGANISASI YANG MENGATUR TENTANG K3

A. Organisasi K3

Organisasi dalam pengaturan keselamatan dan kesehatan kerja keberadaannya sangatlah penting, karena dengan mengacu pada pedoman yang telah ada maka akan tercipta standar keamanan dalam bekerja pada suatu industri. Organisasi yang dibutuhkan yaitu organisasi yang meningkatkan perhatian terhadap pencapaian dan upaya menunjukkan kinerja keselamatan dan kesehatan kerja. Keberhasilan organisasi dalam menerapkan keselamatan dan kesehatan kerja bergantung pada komitmen dari seluruh tingkatan dan fungsi organisasi terutama dari manajemen sebuah industri. Sistem ini memungkinkan suatu organisasi mengembangkan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja sehingga akan meningkatkan kinerja dan menunjukkan kesesuaian sistem yang ada terhadap persyaratan standar ini.



Gambar 10.1. Grafik Standar PDCA

Gambar grafik diatas merupakan gambar dari grafik standar metodologi dengan sistem PDCA maksudnya adalah sebagai berikut :

1. **Plan** (Perencanaan): Menetapkan sasaran dan proses yang diperlukan untuk mencapai hasil yang sesuai dengan organisasi kebijakan standar K3.
2. **Do** (Pelaksanaan): Setelah dilakukan perencanaan maka akan dilakukan melaksanakan proses yang telah ditetapkan sebelumnya.
3. **Check** (Pemeriksaan): Memantau dan mengukur kegiatan proses terhadap kebijakan, sasaran, peraturan perundang-undangan dan persyaratan K3 lainnya dilanjutkan dengan melaporkan hasilnya.
4. **Act** (Tindakan): Mengambil tindakan untuk perbaikan K3 secara berkelanjutan.

Organisasi secara umum mengelola kegiatannya melalui penerapan sistem proses dan interaksinya yang dikenal dengan istilah” pendekatan proses “ seperti pada ISO 9001.

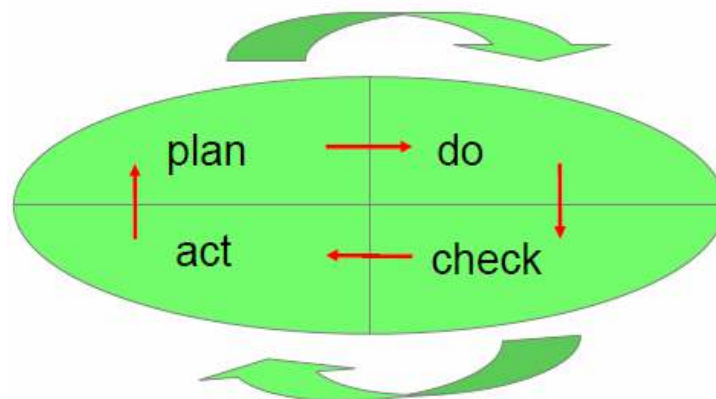
B. Standar OHSAS 18001

Masalah keselamatan kerja telah dikenal sejak berabad yang lalu sejalan dengan perkembangan industri. Namun secara spesifik, baru dimulai sekitar tahun 1800-an bersamaan dengan revolusi industri di Inggris yang ditandai dengan ditemukannya mesin uap yang membawa perubahan mendasar dalam proses produksi. Perubahan ini menimbulkan dampak luas khususnya hubungan antar

manusia di tempat kerja. Manusia berubah menjadi sekadar alat produksi sebagaimana dengan mesin dan alat kerja lainnya yang dengan mudah diganti dengan yang baru. Karena itu keselamatannya kurang mendapat perhatian sehingga terjadi banyak kecelakaan kerja.

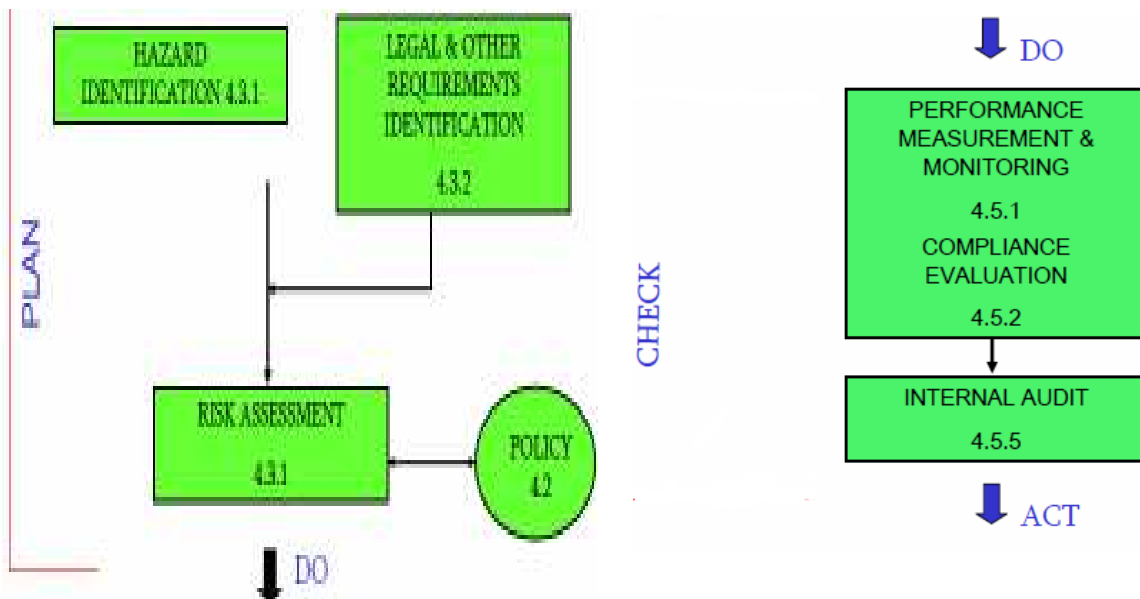
Perkembangan konsep sistem manajemen K3 tersebut mendorong timbulnya kebutuhan untuk menetapkan suatu standar Sistem Manajemen K3 (SMK3) yang dapat digunakan sebagai acuan secara global yang kemudian melahirkan OHSAS 18001. (Soehatman Ramli, 2010) OHSAS Project Group, konsorsium 43 organisasi dari 28 negara melahirkan kesepakatan menetapkan sistem penilaian yang dinamakan OHSAS18000 yang terdiri atas 2 bagian, yaitu:

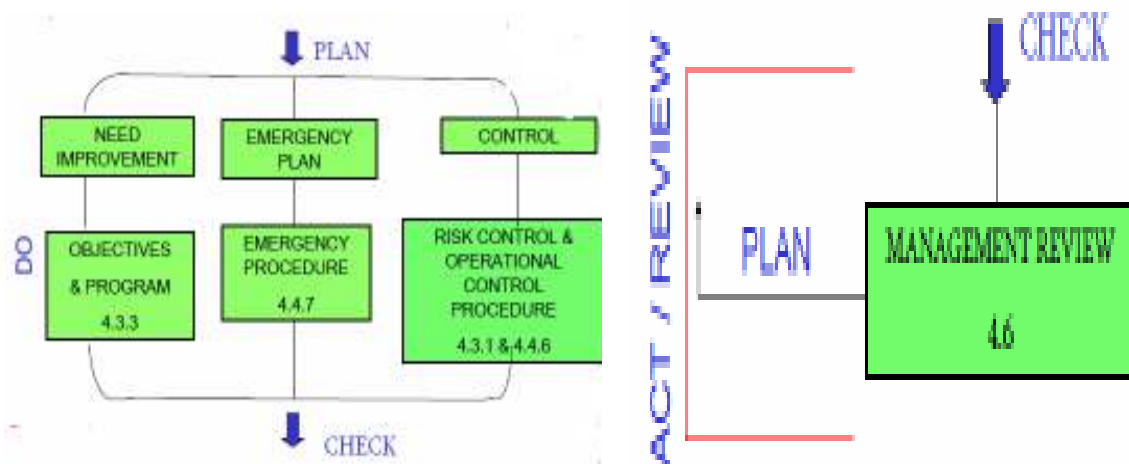
1. OHSAS 18001: Memuat spesifikasi SMK3.
2. OHSAS 18002: Pedoman implementasi.



Gambar 10.2. Metodologi OHSAS 18001

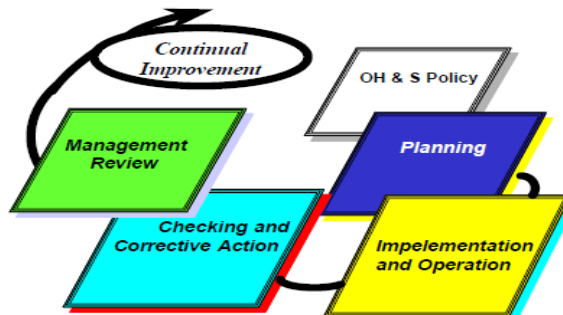
Standar OHSAS 18001, menggunakan pendekatan kesisteman mulai dari perencanaan, penerapan, pemantauan dan tindakan perbaikan yang mengikuti siklus PDCA (Plan-Do-Check-Action) yang merupakan proses peningkatan berkelanjutan.





Gambar 10.3. Diagram alir PDCA

C. Persyaratan OHSAS 18001 : 1999



Gambar 10.4. Persyaratan OHSAS 18001:1999

1. OH&S Policy

OH&S Policy disahkan oleh Top Management yang menyatakan secara jelas keseluruhan objective dan komitmen Keselamatan dan Kesehatan untuk penyempurnaan kinerja Keselamatan dan Kesehatan.

- a. Sesuai sifat dan skala resiko OH&S Perusahaan
- b. Mencakup komitmen untuk “Continual Improvement”
- c. Mencakup komitmen untuk memenuhi Peraturan OH&S yang berlaku dan persyaratan lain yang ditetapkan atau dijanjikan oleh Perusahaan.
- d. Didokumentasi, diterapkan dan dipelihara.
- e. Dikomunikasikan keseluruh karyawan dengan maksud untuk membuat karyawan sadar tentang kewajiban OH&S mereka.



Gambar 10.5. Diagram Alir OH&S

2. Perencanaan

Perencanaan merupakan klausul kunci dari OHSAS 18001. Ini mencakup proses perencanaan dimana arah pengendalian dan penyempurnaan diidentifikasi. Output dari proses perencanaan sebagai input langsung ke dalam klausul penerapan dan operasi. Umpan balik dari pengukuran kinerja dan hasil audit akan digunakan sebagai input perencanaan.



Gambar 10.6. Diagram Alir Perencanaan

a. Perencanaan Identifikasi Bahaya, Pengujian Resiko dan Pengendalian Resiko

Perusahaan harus menetapkan dan memelihara Prosedur untuk terus menerus mengidentifikasi bahaya, pengujian resiko dan penerapan tindakan pengendalian yang ketika menetapkan Objective dari OH&S. Metodologi identifikasi bahaya dan pengujian resiko harus diselesaikan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Dirumuskan sesuai dengan ruang lingkup, sifat dan ketepatannya untuk menjamin ini proaktif dari pada reaktif .
- 2) Memberikan klasifikasi dan identifikasi resiko yang akan dieliminasi atau dikendalikan dengan objective dan program.
- 3) Konsisten dengan pengalaman operasi dan kemampuan tindakan pengendalian yang dipakai.
- 4) Memberikan masukan didalam penentuan persyaratan fasilitas, identifikasi kebutuhan training dan/atau pengembangan pengendalian operasional.
- 5) Memberikan pemantauan tindakan yang diperlukan untuk menjamin keefektifan dan ketepatan waktu penerapannya.

b. Perencanaan Persyaratan Legal dan yang lain

Perusahaan harus menetapkan dan memelihara prosedur untuk mengidentifikasi dan menguji persyaratan legal dan persyaratan OH&S lain yang terkait informasi ini harus dijamin up-to-date. Informasi juga yang relevan tentang persyaratan legal dan harus dikomunikasikan ke karyawan dan pihak-pihak yang terkait.

c. Perencanaan Objective

Perusahaan harus menetapkan dan memelihara objective yang tertulis OH&S, pada setiap fungsi dan tingkatan yang relevan. Perusahaan Objective sebisa mungkin dapat diukur. Dalam menetapkan dan meninjau objective harus memperhatikan persyaratan legal dan yang lain, bahaya dan resiko OH&S, teknologi, finansial, persyaratan bisnis dan operasional serta pandangan pihak

terkait objective harus konsisten dengan OH&S Policy, termasuk komitmen terhadap “Continual Improvement”.

d. Perencanaan Program Manajemen OH&S

Perusahaan harus menetapkan dan memelihara program manajemen OH&S untuk mencapai objective, yang meliputi :

- 1) Penunjukan tanggung jawab dan wewenang untuk pencapaian objective pada fungsi dan tingkatan yang relevan dalam perusahaan.
- 2) Cara dan jangka waktu dimana objective akan dicapai.

Program manajemen OH&S ditinjau pada interval yang teratur dan direncanakan. Program dirubah untuk memenuhi perubahan aktifitas, produk, kondisi layanan atau operasi perusahaan.

e. Penerapan dan Operasi Struktur dan Tanggung Jawab

Peran, tanggung jawab dan wewenang personel yang mengelola, melaksanakan dan memverifikasi aktifitas yang mempunyai efek pada resiko OH&S, aktifitas perusahaan, fasilitas dan proses, harus ditentukan, didokumentasi dan dikomunikasikan dengan maksud untuk memudahkan manajemen OH&S. Tanggung jawab terakhir OH&S terletak pada Top Manajemen. Perusahaan harus menunjuk seorang anggota Top Manajemen (dalam organisasi yang besar, seorang anggota dewan atau komite eksekutif) dengan tanggung jawab utama untuk menjamin sistem manajemen OH&S diterapkan dan melaksanakan persyaratan di semua lokasi dan lingkungan operasi Perusahaan.

Managemen harus menyediakan sumber daya esensial untuk penerapan, pengendalian dan penyempurnaan sistem manajemen OH&S. Sumber daya mencakup sumber daya manusia dan tenaga ahli, teknologi dan finansial. Manajemen yang ditunjuk harus mempunyai peran, tanggung jawab dan wewenang yang ditentukan untuk menjamin persyaratan sistem manajemen OH&S ditetapkan, diterapkan dan dipelihara sesuai dengan spesifikasi OH&S. Personel harus kompeten untuk melaksanakan tugas yang dapat berdampak pada OH&S ditempat kerjanya. Kompetensi harus ditentukan dalam bentuk pendidikan, training dan/atau pengalaman yang sesuai. Perusahaan harus menetapkan dan memelihara prosedur untuk menjamin karyawan yang bekerja pada setiap fungsi dan tingkatan yang sesuai telah memahami tentang:

- 1) Pentingnya kesesuaian terhadap OH&S Policy dan prosedur, dan terhadap persyaratan sistem manajemen OH&S.
- 2) Akibat OH&S, aktual atau potensial, dari aktifitas kerja dan keuntungan OH&S terhadap penyempurnaan kinerja personal.

f. Penerapan dan Operasi Konsultasi dan Komunikasi

Perusahaan harus menetapkan dan memelihara prosedur untuk mengendalikan semua dokumen dan data yang diperlukan oleh spesifikasi OHSAS ini untuk menjamin:

- 1) Dokumen dan data dapat ditemukan/tersedia.
- 2) Secara berkala ditinjau, direvisi jika perlu dan disahkan kecukupannya oleh yang berwenang.

- 3) Versi terbaru dokumen dan data yang sesuai tersedia disemua lokasi dimana operasi penting dari fungsi sistem OH&S dilaksanakan.
- 4) Dokumen dan data kadaluarsa ditarik dari seluruh lokasi atau dicegah terhadap salah penggunaan.
- 5) Arsip dokumen dan data disimpan untuk tujuan legal atau preservas.

g. Penerapan dan Operasi Pengendalian Operasional

Seluruh operasi dan aktifitas yang berkaitan dengan resiko yang telah diidentifikasi dimana tindakan pengendalian perlu dilaksanakan harus diidentifikasi Aktifitas ini termasuk pemeliharaan harus direncanakan untuk menjamin dilaksanakan dibawah kondisi yang telah ditentukan, dengan:

- 1) Menetapkan dan memelihara Prosedur tertulis untuk mengatasi situasi dimana tidak adanya prosedur bisa menyebabkan penyimpangan dari OH&S Policy dan Objective.
- 2) Menetapkan kriteria operasi ke dalam prosedur.
- 3) Menetapkan dan memelihara prosedur yang berkaitan dengan resiko OH&S yang diidentifikasi terhadap bahan atau material, peralatan dan layanan yang dibeli dan atau digunakan oleh Perusahaan dan mengkomunikasikan prosedur atau persyaratan terkait kepada pemasok dan kontraktor.
- 4) Menetapkan dan memelihara prosedur untuk perancangan tempat kerja, proses, instalasi, permesinan, prosedur pengoperasian dan organisasi kerja, termasuk penyesuaiannya terhadap kemampuan manusianya, untuk mengeliminasi atau mengurangi resiko OH&S.

h. Penerapan dan Operasi Kesiapan dan Respon terhadap Emergensi

Perusahaan harus menetapkan dan memelihara rencana dan prosedur untuk identifikasi potensi dan respon terhadap, situasi insiden dan emergensi, dan untuk mencegah serta mengurangi kemungkinan sakit dan luka. Perusahaan harus meninjau rencana dan prosedur kesiapan dan respon terhadap emergensi, terutama setelah adanya kejadian situasi insiden dan emergensi. Bilamana dapat dilaksanakan perusahaan juga harus secara berkala menguji prosedur ini.



Gambar 10.7. Alur Aliran Penerapan dan Operasi

i. Pengecekan dan Tindakan Koreksi Audit

Perusahaan harus menetapkan dan memelihara Prosedur dan program audit untuk audit berkala sistem manajemen OH&S yang harus dilaksanakan untuk :

- 1) Menentukan apakah sistem manajemen OH&S sesuai dengan pengaturan manajemen OH&S yang direncanakan termasuk persyaratan spesifikasi OHSAS telah diterapkan dan dipelihara secara benar dan efektif dalam memenuhi Policy dan Objective Perusahaan.
- 2) Meninjau hasil-hasil audit sebelumnya.
- 3) Memberikan informasi hasil audit kepada Manajemen Program audit, termasuk jadwal harus didasarkan pada hasil pengujian resiko, dan hasil audit sebelumnya.



Gambar 10.8. Alur Aliran Pengecekan dan Tindakan Koreksi

j. Tinjauan Manajemen

Top Manajemen Perusahaan harus pada selang waktu telah ditentukan, meninjau sistem manajemen OH&S, untuk menjamin kelangsungan kesesuaian, kecukupan dan keefektifannya. Proses tinjauan manajemen harus menjamin informasi yang diperlukan disusun agar manajemen dapat melaksanakan evaluasi. Tinjauan harus didokumentasi Tinjauan harus membahas kemungkinan perlunya perubahan Policy, Objective dan elemen lain dari sistem manajemen OH&S, dengan menyoroti hasil-hasil audit sistem manajemen OH&S, perubahan kondisi sekitar dan komitmen terhadap “Continual Improvement”.



Gambar 10.9. Alur Aliran Tinjauan Manajemen

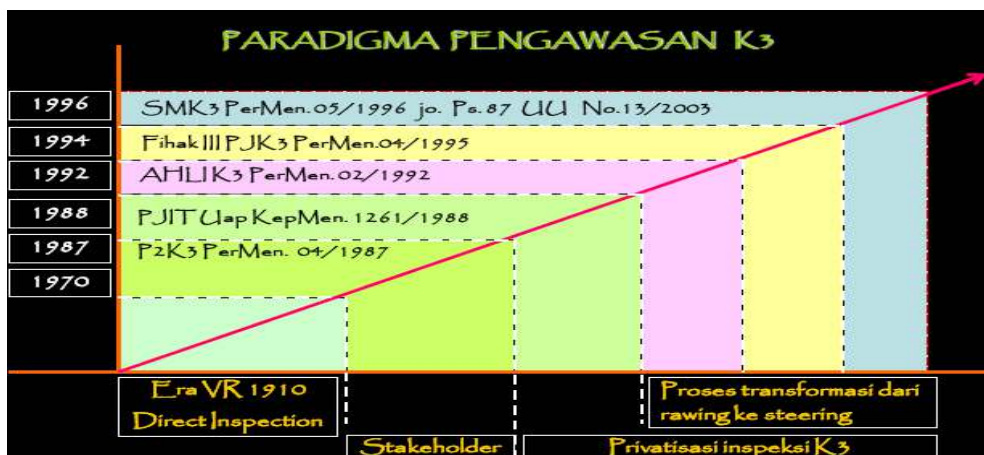
D. UU Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Indonesia (K3)

Undang-undang Keselamatan dan Kesehatan Kerja dalam praktik Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) adalah sesuatu yang sangat penting dan harus. Hal ini akan menjamin dilaksanakannya Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) secara baik dan benar. Konsep ini berkembang menjadi employers liability yaitu K3 menjadi tanggung jawab pengusaha, pekerja dan masyarakat di luar lingkungan kerja.

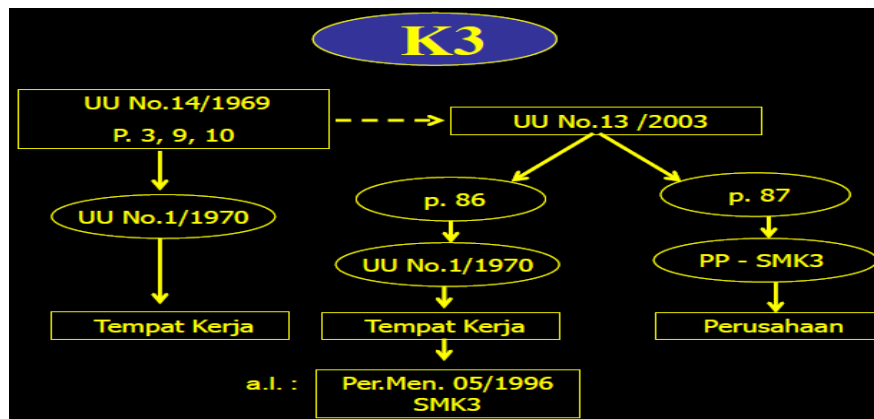


Gambar 10.10. Struktur Kepengurusan dalam Menaker

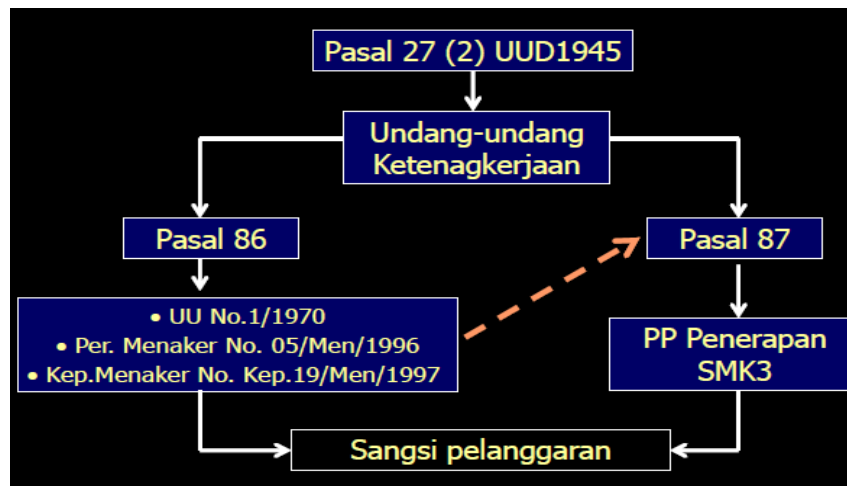
Dalam konteks bangsa Indonesia, Kesadaran K3 sebenarnya sudah ada sejak pemerintahan kolonial Belanda. Misalnya, pada 1908 parlemen Belanda mendesak Pemerintah Belanda memberlakukan K3 di Hindia Belanda yang ditandai dengan penerbitan Veiligheids Reglement, Staatsblad No. 406 Tahun 1910. Pemerintah kolonial Belanda menerbitkan produk hukum yang memberikan perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja yang diatur berdasarkan masing-masing sektor ekonomi. Beberapa diantaranya menyangkut sektor perhubungan lalu lintas perkeretaapian seperti dalam Algemene Regelen Betreffende de Aanleg en de Exploitate van Spoor en Tramwegen Bestmend voor Algemene Verkeer in Indonesia (Peraturan umum tentang pendirian dan perusahaan Kereta Api dan Trem untuk lalu lintas umum Indonesia) dan Staatblad 1926 No. 334, Schepelingen Ongevallen Regeling 1940 (Ordonansi 16 Kecelakaan Pelaut), Staatsblad 1930 No. 225, Veiligheids Reglement (Peraturan Keamanan Kerja di Pabrik dan Tempat Kerja).



Gambar 10.11. Grafik Paradigma Pengawasan K3



Gambar 10.12. Dasar Hukum K3



Gambar 10.13. Dasar Hukum K3

Undang-undang Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang terutama di Indonesia adalah Undang-Undang No.1/1970 tentang Keselamatan Kerja, sedangkan peraturan perundang-undangan ketenagakerjaan adalah UU Nomor 12 Tahun 1948 tentang Kerja. Pengaturan hukum K3 dalam konteks diatas adalah sesuai dengan sektor/bidang usaha. Misalnya, UU No.13 Tahun 1992 tentang Perkerataapian, UU No.14 Tahun 1992 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (LLAJ), UU No.15 Tahun 1992 tentang Penerbangan beserta peraturan-peraturan pelaksanaan lainnya. Setiap tempat kerja atau perusahaan harus melaksanakan program K3. Tempat kerja dimaksud berdimensi sangat luas mencakup segala tempat kerja, baik di darat, di dalam tanah, di permukaan tanah, dalam air, di udara maupun di ruang angkasa. (Konradus, 2003).

E. Process Safety Management OSHA 3132

Mungkin kita sudah sering mendengar Proses Safety Management atau PSM. Salah satu guideline untuk pelaksanaan PSM adalah OSHA 3132 dan 3133. Penerapan PSM lebih tepat dilakukan bagi industri manufaktur seperti industri kimia dan industri logam, namun juga dapat diaplikasikan pada industri-industri lain seperti industri oil and gas, listrik, dan sanitary services. Laporan bertahun – tahun menyebutkan cairan beracun, reaktif, atau mudah terbakar yang melibatkan bahan kimia adalah sangat berbahaya Insiden terus terjadi di berbagai industri yang menggunakan bahan kimia yang sangat berbahaya yang mungkin beracun, reaktif,

mudah terbakar, atau bahan peledak, atau mungkin menunjukkan kombinasi dari berbagai bahan tersebut.

Hal ini, pada gilirannya, menciptakan kemungkinan bencana. Meskipun penerapan PSM di Indonesia masih bersifat sukarela (Voluntary) namun banyak perusahaan sudah menerapkan secara wajib bagi semua grup perusahaan mereka, karena mereka melihat benefit dari penerapan sistem ini untuk mencegah kecelakaan bahan kimia yang bersifat katastrofik seperti kejadian pada tahun 1984 di Bhopal, India, kecelakaan yang menewaskan 2.000 orang; the October 1989 Phillips Petroleum Company, Pasadena, TX, menewaskan 23 orang dan melukai 132 orang.

Proses Manajemen Keselamatan terhadap bahan kimia ini diterbitkan dalam Daftar Federal (55 FR29150). Isi dari Proses Manajemen Keselamatan terhadap bahan kimia ini adalah persyaratan untuk pengelolaan bahaya yang terkait dengan proses menggunakan bahan kimia sangat berbahaya untuk membantu menjamin tempat kerja yang aman dan sehat. Standar yang diusulkan OSHA ini menekankan pengelolaan bahaya yang terkait dengan bahan kimia yang sangat berbahaya dan didirikan program yang komprehensif manajemen yang terpadu teknologi, prosedur, dan praktik manajemen.

OSHA setelah sekitar empat bulan publikasi Standar yang diusulkan untuk proses manajemen keselamatan yang sangat bahaya-ous kimia adalah Clean Air Act Amendments (CAAA). CAAA mensyaratkan bahwa daftar standar yang termasuk bahan kimia sangat berbahaya beracun yang meliputi, mudah terbakar, sangat reaktif, dan zat eksplosif. Berikut akan dijelaskan secara ringkas elemen-elemen yang terdapat dalam proses safety management (PSM) sesuai dengan OSHA 3132. Didalam PSM ini terdapat 14 elemen penting yang harus diterapkan, yaitu:

1. Process Safety Information

Perusahaan harus membuat dan memelihara informasi keselamatan secara tertulis untuk mengidentifikasi bahaya bahan kimia dan proses ditempat kerja, peralatan dan teknologi yang digunakan dalam proses Informasi minimal bahaya bahan kimia yang harus disediakan adalah sebagai berikut:

- a. Toksisitas bahan kimia.
- b. Batas paparan yang diijinkan (NAB).
- c. Data-data fisik bahan kimia.
- d. Data reaktifitas bahan kimia.
- e. Data korosivitas bahan kimia.
- f. Data stabilitas termal dan kimia, efek bahaya dari campuran bahan kimia berbeda.

Kemudian informasi proses yang harus disediakan, minimal adalah:

- a. Diagram alur proses yang disederhanakan.
- b. Proses reaksi kimia yang terjadi.
- c. Maksimum inventory (stock).
- d. Batas atas dan bawah dari suhu, tekanan, aliran atau komposisi (spec maks dan min).
- e. Hasil evaluasi jika terjadi penyimpangan dan efeknya terhadap Keselamatan dan Kesehatan pekerja.

Yang terakhir adalah informasi peralatan yang digunakan, minimal adalah sbb:

- a. Bahan dari konstruksi peralatan.
- b. Diagram pemipaan dan instrument (P&IDs).
- c. Klasifikasi kelistrikan.
- d. Disain dari sistem relief (pelepasan).
- e. Disain ventilasi.
- f. Kode dan standar disain yang digunakan.
- g. Sistem keselamatan seperti interlock, detection atau suppression system.

Perusahaan harus mendokumentasikan bahwa peralatan sesuai berlaku umum praktek rekayasa yang baik. Peralatan yang ada dirancang dan dibangun sesuai dengan kode, standar, atau praktik yang tidak lagi digunakan umum, pengusaha harus menentukan dan mendokumentasikan bahwa peralatan tersebut dirancang, dipelihara, diperiksa, diuji, dan dioperasikan di tempat yang aman.

2. Process Hazard Analysis (PHA)

Melakukan penilaian bahaya kimia ditempat kerja, termasuk sumber potensi pelepasan bahaya kimia, identifikasi dari pelepasan bahaya kimia yang pernah terjadi dan berpotensi menjadi kecelakaan katastrofik, memperkirakan konsekuensi terhadap tempat kerja dan jangkauan pelepasan bahaya kimia tersebut dan memperkirakan efek kesehatan terhadap pekerja. Perusahaan harus menggunakan salah satu dari metode berikut untuk PHA:

- a. What-if.
- b. Checklist.
- c. What-if/checklist.
- d. Hazard and operability study (HAZOP).
- e. Failure mode and effects analysis (FMEA).
- f. Fault tree analysis.
- g. Atau metodologi yang sejenis.

PHA yang dilakukan harus mencakup hal-hal berikut:

- a. Bahaya dari proses.
- b. Identifikasi kecelakaan yang berpotensi menimbulkan kecelakaan.
- c. Engineering dan administrative control yang dapat diaplikasikan terhadap pengendalian bahaya, termasuk teknologi deteksi bahaya, alarm, gas detector,.
- d. Konsekuensi dari kegagalan sistem kontrol (engineering and administrative).
- e. Lay out fasilitas.
- f. Faktor kesalahan manusia.
- g. Evaluasi kualitatif terhadap kemungkinan efek keselamatan dan kesehatan terhadap pekerja dari kegagalan sistem kontrol.

Process Hazard Analysis setidaknya setiap lima tahun setelah selesainya proses awal analisis bahaya harus diperbarui dan divalidasi ulang oleh tim untuk memenuhi persyaratan standar untuk memastikan bahwa analisis bahaya konsisten dengan proses saat ini.

3. Operating Procedure

Manajemen harus membuat prosedur kerja tertulis yang sejalan dengan informasi proses keselamatan diatas dan diterapkan secara konsisten. Prosedur kerja tertulis tersebut harus memberikan instruksi kerja yang jelas untuk bekerja

secara aman untuk masing-masing area kerja, serta dikomunikasikan kepada pekerja. Setiap prosedur kerja minimal harus mengandung unsure-unsur berikut:

a. Langkah-langkah kerja pengoperasian:

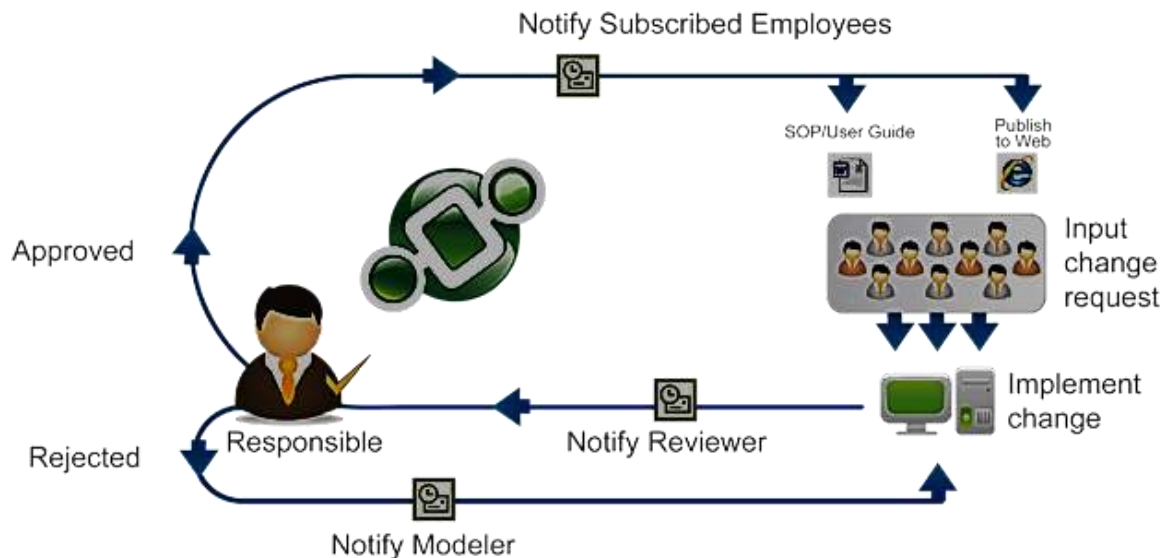
- 1) Start up awal
- 2) Pengoperasi normal
- 3) Pengoperasian sementara
- 4) Emergency shutdown, termasuk kondisi yang diperlukan untuk emergency shutdown, dan penunjukkan petugas yang bertanggung jawab untuk emergency shutdown untuk memastikan emergency shutdown dilakukan secara aman.
- 5) Pengoperasian dalam keadaan darurat.
- 6) Normal shutdown
- 7) Start up setelah turn around atau setelah emergency shutdown.
- 8) Batas-batas pengoperasian.

b. Konsekuensi jika terjadi penyimpangan

c. Langkah-langkah yang harus dilakukan untuk mengoreksi atau mencegah penyimpangan.

d. Pertimbangan aspek keselamatan dan kesehatan:

- 1) Sifat bahaya dari bahan kimia yang digunakan didalam proses.
- 2) Peringatan untuk pencegahan terjadinya paparan termasuk kontrol engineering, administrative dan alat pelindung diri (APD).
- 3) Tindakan pengendalian yang harus dilakukan jika terjadi kontak fisik atau paparan dari kontaminan udara.
- 4) Kontrol kualitas dan level inventory untuk bahan berbahaya.
- 5) Bahaya khusus atau spesifik.
- 6) Sistem keselamatan seperti sistem interlock dan deteksi serta fungsinya.



Gambar 10.14. Skema Operating Procedure

Operating Procedure untuk memastikannya bahwa referensi siap dan up-to-date, prosedur operasi harus mudah diakses oleh karyawan. Perusahaan harus mengembangkan dan menerapkan praktek kerja yang aman dan menyediakan pengendalian bahaya selama kegiatan kerja seperti lockout/ tagout, masuk ruang

yang terbatas, proses pembukaan peralatan atau perpipaan, dan kontrol pemeliharaan fasilitas, kontraktor, laboratorium, atau pendukung lainnya. Praktek kerja yang aman harus berlaku baik kepada karyawan atau karyawan kontraktor.

4. Employee Participation

Melakukan konsultasi atau diskusi dengan pekerja atau perwakilan pekerja dalam mengembangkan dan melakukan kajian bahaya di tempat kerja, perencanaan pencegahan kecelakaan serta memberikan akses terhadap standar yang dibutuhkan.

5. Training

Semua pekerja baik lama atau baru harus di training mengenai prosedur operasi, prosedur keselamatan, prosedur emergensi dan seterusnya sesuai dengan kebutuhan di tempat kerja. Semua pekerja yang sudah mendapatkan training boleh disertifikasi sebagai bukti bahwa pekerja tersebut sudah mendapatkan training yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaannya. Training penyegaran (refresh training) harus dilakukan minimal 1 kali dalam 3 tahun dan lebih sering jika diperlukan. Semua pekerja yang sudah mendapat training harus didokumentasikan termasuk tanggal training, identitas lengkap dan proses verifikasi untuk memastikan pekerja memahami materi training.

6. Contractor

Ada beberapa kategori kontraktor yang sering digunakan oleh perusahaan, misalnya pekerja kontrak yang mengoperasikan proses produksi atau pekerjaan rutin lainnya dengan keahlian khusus, pekerja kontrak jangka pendek yang dibutuhkan saat melakukan turnaround maintenance, vendor yang melakukan renovasi, ekspansi, perawatan, instalasi, dsb. PSM memasukkan kontraktor kedalam provisi khusus untuk menekankan pentingnya bagi setiap orang untuk bekerja secara aman dan tidak membahayakan pekerja lain. Namun ini tidak berlaku bagi kontraktor yang tidak berkaitan secara langsung dengan keselamatan proses seperti janitor, office boy, laundry dan pelayanan suplai.

a. Kewajiban dan tanggung jawab perusahaan terhadap kontraktor:

- 1) Ketika melakukan seleksi kontraktor, manajemen harus memperoleh dan mengevaluasi informasi tentang program keselamatan dan kinerja keselamatan dari perusahaan kontraktor tersebut.
- 2) Manajemen harus menginformasikan kepada para pekerja kontraktor mengenai sumber-sumber bahaya ditempat kerja seperti potensi kebakaran, ledakan atau pelepasan gas beracun yang berhubungan dengan pekerjaan dari kontraktor tersebut.
- 3) Menjelaskan prosedur tanggap darurat.
- 4) Mengembang dan mengimplementasikan sistem kerja yang aman dengan mengontrol keberadaan, masuk dan keluar dari setiap pekerja kontrak.
- 5) Melakukan evaluasi kinerja kontraktor secara berkala untuk memastikan pencapaian sasaran atau target yang sudah ditetapkan dan menjaga agar para pekerja kontrak terhindar dari kecelakaan, cidera dan sakit di area kerja.

b. Kewajiban dan tanggung jawab kontraktor:

- 1) Memastikan bahwa semua pekerja mereka sudah mendapatkan training yang diperlukan untuk melakukan pekerjaannya.
- 2) Memastikan bahwa pekerja mereka mendapat informasi yang jelas mengenai sumber-sumber bahaya ditempat kerja seperti potensi kebakaran, ledakan, atau pelepasan gas beracun yang berhubungan dengan pekerjaan mereka.
- 3) Mendokumentasikan pekerja-pekerja yang sudah mendapatkan training.
- 4) Memastikan setiap pekerja mengikuti prosedur keselamatan kerja dan prosedur kerja yang sudah ditetapkan.
- 5) Memberikan masukan kepada perusahaan pemberi kerja jika ada bahaya-bahaya khusus yang dapat membahayakan pekerja mereka.

7. Pre-start up safety review

Melakukan pre-start up review pada semua peralatan yang baru di install atau dimodifikasi serta proses. Sebelum melakukan start up dari proses baru, produk baru, mesin baru atau modifikasi maka perlu dipastikan hal-hal berikut:

- a. Konstruksi dan peralatan sesuai dengan spec disain yang ditetapkan.
- b. Tersedianya prosedur keselamatan, pengoperasian, perawatan dan emergency.
- c. Memastikan proses hazard analisis sudah dilakukan, dan rekomendasinya sudah diterapkan sebelum start up dan modifikasi fasilitas telah memenuhi persyaratan sistem manajemen perubahan.
- d. Training bagi setiap pekerja yang terlibat dalam proses start up sudah dilakukan.

8. Mechanical Integrity

Perawatan dari mechanical integrity dari peralatan proses yang kritikal adalah sangat penting untuk memastikan peralatan didisain dan diinstal secara benar dan dioperasikan secara tepat. Persyaratan mechanical integrity minimal harus diaplikasikan untuk peralatan berikut:

- a. Vesel bertekanan dan tanki penyimpanan
- b. Sistem pemipaan termasuk komponen pemipaan seperti valve.
- c. Sistem relief dan vent
- d. Sistem emergency shutdown
- e. Sistem kontrol termasuk peralatan monitoring dan sensor, alarm dan interlock.
- f. Pompa

Manajemen harus membuat sistem perawatan untuk peralatan-peralatan yang kritikal, termasuk prosedur tertulis, pelatihan pekerja, inspeksi dan pengujian untuk memastikan semua peralatan berjalan baik. Inspeksi dan pengujian (testing) harus dilakukan pada peralatan proses sesuai dengan prosedur dan standar yang ada. Frekuensi inspeksi dan pengujian dilakukan sesuai dengan rekomendasi dari pembuat peralatan yang digunakan atau mengikuti good practice engineering. Setiap inspeksi dan pengujian harus didokumentasikan dengan baik. Setiap peralatan yang ditemukan adanya penyimpangan harus diperbaiki terlebih dahulu sebelum digunakan atau dilakukan tindakan-tindakan untuk memastikan keselamatan pengoperasian dan proses.

9. Hot Work Permit

Hot work permit harus dikeluarkan atau digunakan untuk bekerja dengan panas. Dokumen ijin kerja panas adalah untuk memastikan bahwa pencegahan dan perlindungan kebakaran sesuai dengan persyaratan OSHA 1910.25(a) sudah diimplementasikan sebelum memulai pekerjaan panas. Didalam ijin kerja panas harus jelas siapa yang melakukan pekerjaan, kapan melakukan pekerjaan tersebut, dimana pekerjaan dilakukan dan jenis pekerjaan, dokumen ijin kerja panas ini harus disimpan sampai pekerjaan selesai.

10. Management of Change

Membuat prosedur yang mengatur perubahan atau modifikasi proses, teknologi, peralatan, bahan baku dan prosedur kerja. Prosedur manajemen perubahan harus memastikan hal-hal berikut yang dilakukan sebelum perubahan dilakukan, yaitu:

- Dasar-dasar teknis untuk usulan perubahan.
- Dampak perubahan terhadap Keselamatan dan Kesehatan pekerja.
- Modifikasi untuk prosedur pengoperasian.
- Waktu yang diperlukan untuk melakukan perubahan.
- Persyaratan otorisasi untuk usulan perubahan.

Setiap pekerja yang akan terlibat dalam proses perubahan harus diinformasikan dan diberi training sebelum perubahan dilakukan. Dan semua prosedur kerja yang terkait dengan perubahan tersebut harus direvisi dan diupdate.



Gambar 10.15. Change Management Model

11. Incident Investigation

Melakukan investigasi terhadap semua kecelakaan yang berpotensi atau dapat mengakibatkan kecelakaan besar di tempat kerja merupakan hal sangat krusial untuk memahami rangkaian kejadian dan penyebab terjadinya kecelakaan, sehingga tindakan perbaikan dan pencegahan dapat dilakukan. Investigasi terhadap kecelakaan harus dilakukan dalam waktu 48 jam dari waktu kejadian. Investigasi harus dilakukan oleh tim dan paling tidak satu orang memiliki pengetahuan atau keahlian didalam proses tempat kejadian tersebut, termasuk pekerja kontrak yang terlibat dan orang-orang yang dianggap ahli di dalam bidang tersebut dan investigasi kecelakaan.

Laporan investigasi kecelakaan minimal harus meliputi hal-hal berikut:

- Tanggal kejadian.
- Tanggal investigasi dimulai.
- Diskripsi kejadian.
- Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kejadian.
- Rekomendasi dari hasil investigasi.

Manajemen harus melakukan tindak lanjut dari rekomendasi tersebut, membuat sistem yang diperlukan untuk melaksanakan dari semua rekomendasi dan menyimpan dokumen laporan investigasi tersebut selama 5 tahun.

12. Emergency Planning and Response

Perencanaan dan tanggap darurat adalah sangat penting dalam proses safety manajemen. Semua pekerja dan kontraktor harus diberi training atau dalam menghadapi keadaan darurat. Prosedur perencanaan dan tanggap darurat juga harus meliputi penanganan kebocoran bahan kimia dalam jumlah kecil.



Gambar 10.16. Emergency Response

13. Compliance Audits

Untuk memastikan bahwa sistem PSM yang sudah diterapkan berjalan efektif, maka perlu dilakukan tinjauan ulang oleh orang yang memiliki pengetahuan dan keahlian dibidang PSM untuk memastikan bahwa semua prosedur dan standar yang sudah ditetapkan dijalankan dan diikuti secara konsisten. Laporan audit harus menjelaskan temuan penyimpangan dan rekomendasi perbaikan yang harus dilakukan. Perusahaan atau manajemen bertanggung jawab untuk melaksanakan semua hasil rekomendasi audit. Audit minimal dilakukan tiga tahun sekali dan laporan audit harus disimpan minimal selama 5 tahun.

14. Trade Secret

Menyediakan informasi kepada petugas yang bertanggung jawab atau diberi wewenang yang berkaitan dengan bahaya proses, kimia, prosedur operasi dll yang dibutuhkan termasuk informasi rahasia dagang jika diperlukan.

F. Process Safety Management (PSM)

1. OSHA Process Safety Management

Process Safety Management (PSM) adalah merupakan suatu regulasi yang di keluarkan oleh U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya kecelakaan atau kejadian seperti kasus

Bhopal di India pada tahun 1984. OSHA mengusulkan suatu standar yang mengatur cara penanganan bahan-bahan kimia berbahaya dan membuat suatu program secara komprehensif dan terintegrasi ke dalam proses teknologi, prosedur dan manajemen praktis. Kemudian OSHA mengeluarkan suatu regulasi tentang penanganan, penggunaan dan proses bahan-bahan kimia yang sangat berbahaya (Title 29 of CFR Section 1910.119).

PSM ini awalnya dibuat untuk melindungi sejumlah industri yang ditandai dengan kode SIC, dimana prosesnya melibatkan lebih dari 5 ton bahan mudah terbakar dan 140 bahan beracun dan reaktif. Secara garis besar persyaratan yang dibuat oleh OSHA PSM adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan analisa bahaya proses di tempat kerja untuk mengidentifikasi dan mengontrol bahaya dan meminimalkan konsekuensi dari kecelakaan yang sangat parah atau fatal.
- b. Menyesuaikan kontrol rekayasa terhadap fasilitas dan peralatan produksi, proses, dan bahan baku untuk mencegah kecelakaan yang fatal.
- c. Mengembangkan sistem manajemen kontrol untuk mengendalikan bahaya, melindungi lingkungan dan memberikan keselamatan dan kesehatan terhadap pekerja.
- d. Membuat administrasi kontrol untuk perubahan fasilitas, prosedur operasi, keselamatan kerja, training, dsb untuk meningkatkan kesadaran pekerja terhadap keselamatan kerja.
- e. Melakukan audit berkala untuk mengukur efektifitas PSM standar.

Elemen-elemen yang terdapat dalam OSHA PSM adalah sebagai berikut:

a. Process Safety Information

Membuat prosedur informasi keselamatan mengenai identifikasi bahaya kimia dan proses di tempat kerja, peralatan yang digunakan dan teknologi proses yang digunakan.

b. Process Hazard Analysis

Melakukan kajian bahaya di tempat kerja, termasuk identifikasi potensi sumber kecelakaan dan kejadian kecelakaan yang pernah terjadi serta memperkirakan dampak terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja.

c. Operating Procedures

Mengembangkan dan mengimplementasikan prosedur operasi untuk proses kimia, termasuk prosedur untuk masing-masing tahap operasi, batasan operasi dan pertimbangan keselamatan dan kesehatan.

d. Employee Participation

Melakukan konsultasi atau diskusi dengan pekerja atau perwakilan pekerja dalam mengembangkan dan melakukan kajian bahaya di tempat kerja, perencanaan pencegahan kecelakaan dan memberikan akses terhadap standar yang dibutuhkan.

e. Training

Semua pekerja baik lama atau baru harus di training mengenai prosedur operasi, prosedur keselamatan, prosedur emergensi dan seterusnya sesuai dengan kebutuhan di tempat kerja.

f. Contractors

Memastikan kontraktor dan karyawan kontrak diberikan informasi dan training yang sesuai.

- g. **Pre-Startup Safety Review**, melakukan pre-startup review pada semua peralatan yang baru di install atau dimodifikasi.
- h. **Mechanical Integrity**, membuat sistem perawatan untuk peralatan-peralatan yang kritikal, termasuk prosedur tertulis, pelatihan pekerja, inspeksi dan pengujian untuk memastikan semua peralatan berjalan baik.
- i. **Hot Work Permit**, hot work permit harus dikeluarkan atau digunakan untuk bekerja diarea panas.
- j. **Management of Change**, membuat prosedur yang mengatur perubahan atau modifikasi proses, teknologi, peralatan, bahan baku dan prosedur kerja.
- k. **Incident Investigation**, melakukan investigasi terhadap semua potensi kecelakaan yang berpotensi atau dapat mengakibatkan kecelakaan besar di tempat kerja.
- l. **Emergency Planning and Response**, memberikan training atau pelatihan kepada pekerja dan kontraktor dalam menghadapi keadaan darurat.
- m. **Compliance Audits**, melakukan review secara berkala terhadap kajian bahaya ditempat kerja dan sistem tanggap darurat.
- n. **Trade Secret**, menyediakan informasi kepada petugas yang bertanggung jawab atau diberi wewenang yang berkaitan dengan bahaya proses, kimia, prosedur operasi yang dibutuhkan termasuk informasi rahasia dagang jika diperlukan.

PSM standar adalah merupakan suatu regulasi yang didasarkan pada kinerja dan pelaksanaannya sangatlah fleksibel, dapat disesuaikan atau dikembangkan sesuai dengan situasi masing-masing perusahaan. Hal ini telah menyebabkan terjadinya perbedaan interpretasi dari regulasi tersebut antara perusahaan-perusahaan dengan OSHA's Compliance Safety and Health Officers (CSHOs), sehingga menimbulkan kesalah pahaman dalam pelaksanaannya. Untuk menanggulangi hal tersebut OSHA mengeluarkan pedoman pelaksanaan untuk PSM standar. Pedoman yang pertama dikeluarkan tahun 1992 yaitu CPL 2-2.45A. Pedoman ini memasukkan informasi mengenai:

- a. Pendekatan OSHA dalam melakukan inspeksi pelaksanaan
- b. Kriteria untuk menyeleksi fasilitas untuk diinspeksi
- c. Pedoman audit PSM termasuk audit checklist.
- d. Klarifikasi dan interpretasi dari PSM standar.
- e. Daftar acuan untuk kesesuaian pelaksanaan dengan PSM standar.
- f. Pedoman untuk persiapan inspeksi.

Pada tahun 1994, OSHA kembali mengeluarkan pedoman untuk melengkapi pedoman sebelumnya, yaitu CPL 2-2.45A CH-1. Dalam pedoman ini ditambahkan klarifikasi teknis mengenai jadwal inspeksi, update pedoman dan pertanyaan mengenai keselamatan kontraktor dan yang lebih penting adalah klarifikasi dan interpretasi mengenai standar tersebut.

2. CCPS Process Safety Management

Definisi PSM menurut CCPS adalah aplikasi dari prinsip-prinsip manajemen dan sistem untuk mengidentifikasi, memahami, dan mengontrol bahaya proses untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang berhubungan dengan proses tersebut. Center for Chemical Process Safety (CCPS) dari the American Institute of Chemical Engineers (AIChE) mempublikasikan buku dengan judul "Guidelines

for the Technical Management of Chemical Process Safety” yang menjelaskan berbagai metoda untuk mengidentifikasi bahaya pada fasilitas industri dan mengkuantifikasi potensi keparahan bahaya tersebut. PSM standar dari OSHA pada bagian lampiran menekankan penggunaan metoda yang dijelaskan dalam buku ini. Terdapat 12 element didalam CCPS PSM, yaitu:

a. Accountability: Objectives and Goals

- 1) Continuity of Operations.
- 2) Continuity of Systems (resources and funding).
- 3) Continuity of Organizations.
- 4) Company Expectations (vision or master plan).
- 5) Quality Process.
- 6) Control of Exceptions.
- 7) Alternative Methods (performance vs. specification).
- 8) Management Accessibility.
- 9) Communications.

b. Process Knowledge and Documentation

- 1) Process Definition and Design Criteria.
- 2) Process and Equipment Design.
- 3) Company Memory (management information).
- 4) Documentation of Risk.
- 5) Management Decisions.
- 6) Protective Systems.
- 7) Normal and Upset Conditions.
- 8) Chemical and Occupational Health.
- 9) Hazards.

c. Capital Project Review and Design

- 1) Procedures (for new or existing plants expansions, and acquisitions).
- 2) Appropriate Request Procedures.
- 3) Risk Assessment for Investment.
- 4) Purposes.
- 5) Hazards Review (including worst credible cases).
- 6) Siting (relative to risk management).
- 7) Plot Plan.
- 8) Process Design and Review Procedures.
- 9) Project Management Procedures.

d. Process Risk Management

- 1) Hazard Identification.
- 2) Risk Assessment of Existing.
- 3) Operations.
- 4) Reduction of Risk.
 - a) Residual Risk Management (inplant emergency response and mitigation).
 - b) Process Management during.
 - c) Emergencies.
 - d) Encouraging Client and Supplier.
 - e) Companies to Adopt Similar Risk.
 - f) Management Practices.

- g) Selection of Businesses with.
- h) Acceptable Risks.

e. Management of Change

- 1) Change of Technology.
- 2) Change of Facility.
- 3) Organizational Changes That May.
- 4) Have an Impact on Process.
- 5) Safety.
- 6) Variance Procedures.
- 7) Temporary Changes.
- 8) Permanent Changes.

f. Process and Equipment Integrity

- 1) Reliability Engineering.
- 2) Materials of Construction.
- 3) Fabrication and Inspection.
- 4) Procedures.
- 5) Installation Procedures.
- 6) Preventive Maintenance.
- 7) Process, Hardware, and Systems.
- 8) Inspections and Testing (pre-startup safety review).
- 9) Maintenance Procedures.
- 10) Alarm and Instrument Management.
- 11) Demolition Procedures.

g. Human Factors

- 1) Human Error Assessment.
- 2) Operator/ Process and Equipment.
- 3) Interfaces.
- 4) Hardware.

h. Training and Performance

- 1) Definition of Skills and Knowledge.
- 2) Training Programs (e.g., new employees, contractors, technical, employees).
- 3) Design of Operating and Maintenance Procedures.
- 4) Initial Qualification Assessment.
- 5) Ongoing Performance and Refresher Training.
- 6) Instructor Program.
- 7) Records Management.

i. Incident Investigation

- 1) Major Incidents.
- 2) Near-miss Reporting.
- 3) Follow-up and Resolution.
- 4) Communication.
- 5) Incident Recording.
- 6) Third-party Participation as Needed.

j. Standards, Codes, and Laws

- 1) Internal Standards, Guidelines, and Practices (past history, flexible performance standards, amendments, and upgrades).
- 2) External Standards, Guidelines, and Practices.

k. Audits and Corrective Actions

- 1) Process Safety Audits and Compliance Reviews.
- 2) Resolutions and Close-out.
- 3) Procedures.

l. Enhancement of Process Safety

- 1) Knowledge.
- 2) Internal and External Research.
- 3) Improved Predictive Systems.
- 4) Process Safety Reference Library.

3. Perbedaan dan Persamaan CCPS dan OSHA PSM

Kedua sistem PSM ini baik yang dikeluarkan oleh OSHA maupun CCPS memiliki tujuan yang sama yaitu mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan fatal di tempat kerja. Meskipun demikian terdapat beberapa perbedaan dan persamaan pada elemen-elemen masing-masing dengan tujuan untuk memberikan penekanan pada poin-poin tertentu dan juga saling melengkapi kedua standar ini. OSHA bahkan menekan untuk mengikuti pedoman aplikasi PSM yang dikeluarkan oleh CCPS yang notabene mengandung elemen-elemen PSM dari CCPS itu sendiri.

Tabel 10.1. Elemen-elemen PSM dari OSHA dan CCPS

Program Element	OSHA	CCPS
Process safety information	√	√
Process hazard analysis	√	√
Operating procedures	√	√
Prestart prestart-up reviews	√	√
Training	√	√
Mechanical integrity	√	√
Management of change	√	√
Incident investigation	√	√
Audits	√	√
Safe work practices	√	√
Emergency planning	√	
Contractors	√	
Employee participation	√	
Trade secrets	√	
Employee fitness for duty		
Multiple safe guards		

Secara garis besar ada empat elemen OSHA yang tidak masukan oleh CCPS yaitu:

- a. Emergency planning
- b. Contractors
- c. Employee Participation
- d. Trade Secrete.

4. Langkah-Langkah Penerapan SMK3 dan OHSAS 18001

Dalam menerapkan Sistem Manajemen K3 (SMK3) ada beberapa tahapan yang harus dilakukan agar SMK3 tersebut menjadi efektif, karena SMK3 mempunyai elemen-elemen atau persyaratan-persyaratan tertentu yang harus dibangun didalam suatu organisasi atau perusahaan. Sistem Manajemen K3 juga harus ditinjau ulang dan ditingkatkan secara terus menerus didalam pelaksanaannya untuk menjamin bahwa sistem itu dapat berperan dan berfungsi dengan baik serta berkontribusi terhadap kemajuan perusahaan. Untuk lebih memudahkan penerapan Standar Sistem Manajemen K3, berikut ini dijelaskan mengenai tahapan-tahapan dan langkah-langkahnya. Tahapan dan langkah-langkah tersebut menjadi dua bagian besar.

a. Tahap Persiapan

Merupakan tahapan atau langkah awal yang harus dilakukan suatu organisasi/ perusahaan. Langkah ini melibatkan lapisan manajemen dan sejumlah personel, mulai dari menyatakan komitmen sampai dengan kebutuhan sumber daya yang diperlukan, adapun tahap persiapan ini, antara lain:

- 1) Komitmen manajemen puncak.
- 2) Menentukan ruang lingkup.
- 3) Menetapkan cara penerapan.
- 4) Membentuk kelompok penerapan.
- 5) Menetapkan sumber daya yang diperlukan.

b. Tahap pengembangan dan penerapan

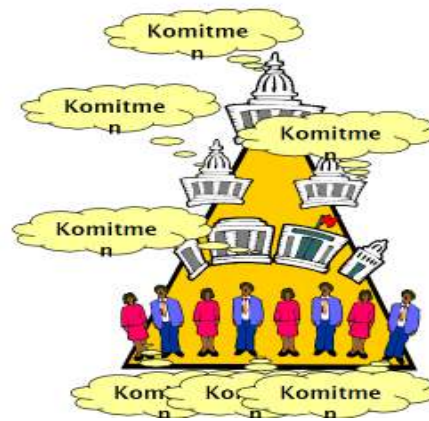
Dalam tahapan ini berisi langkah-langkah yang harus dilakukan oleh organisasi/ perusahaan dengan melibatkan banyak personel, mulai dari menyelenggarakan penyuluhan dan melaksanakan sendiri kegiatan audit internal serta tindakan perbaikannya sampai melakukan sertifikasi.

1) Langkah 1. Menyatakan Komitmen

Pernyataan komitmen dan penetapan kebijakan untuk menerapkan sebuah Sistem Manajemen K3 dalam organisasi/perusahaan harus dilakukan oleh manajemen puncak. Persiapan Sistem Manajemen K3 tidak akan berjalan tanpa adanya komitmen terhadap sistem manajemen tersebut. Manajemen harus benar-benar menyadari bahwa merekalah yang paling bertanggung jawab terhadap keberhasilan atau kegagalan penerapan Sistem K3.

Komitmen manajemen puncak harus dinyatakan bukan hanya dalam kata-kata tetapi juga harus dengan tindakan nyata agar dapat diketahui, dipelajari, dihayati dan dilaksanakan oleh seluruh staf dan karyawan perusahaan. Seluruh staf dan karyawan harus mengetahui bahwa tanggung jawab dalam penerapan Sistem Manajemen K3 bukan urusan bagian K3 saja.

Tetapi mulai dari manajemen puncak sampai karyawan terendah. Karena itu ada baiknya manajemen membuat cara untuk mengkomunikasikan komitmennya ke seluruh jajaran dalam perusahaannya. Untuk itu perlu dicari waktu yang tepat guna menyampaikan komitmen manajemen terhadap penerapan Sistem Manajemen K3.



Gambar 10.17. Piramida Komitmen

2) Langkah 2. Menetapkan Cara Penerapan

Dalam menerapkan SMK3, perusahaan dapat menggunakan jasa konsultan dengan pertimbangan sebagai berikut:

- Konsultan yang baik tentu memiliki pengalaman yang banyak dan bervariasi sehingga dapat menjadi agen pengalihan pengetahuan secara efektif, sehingga dapat memberikan rekomendasi yang tepat dalam proses penerapan Sistem Manajemen K3.
- Konsultan yang independen kemungkinan konsultan tersebut secara bebas dapat memberikan umpan balik kepada manajemen secara objektif tanpa terpengaruh oleh persaingan antar kelompok didalam organisasi/perusahaan.
- Konsultan jelas memiliki waktu yang cukup. Berbeda dengan tenaga perusahaan yang meskipun mempunyai keahlian dalam Sistem Manajemen K3 namun karena desakan tugas-tugas yang lain di perusahaan, akibatnya tidak punya cukup waktu.

Sebenarnya perusahaan/organisasi dapat menerapkan Sistem Manajemen K3 tanpa menggunakan jasa konsultan, jika organisasi yang bersangkutan memiliki personel yang cukup mampu untuk mengorganisasikan dan mengarahkan orang. Selain itu organisasi tentunya sudah memahami dan berpengalaman dalam menerapkan standar Sistem Manajemen K3 ini dan mempunyai waktu yang cukup. Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk menggunakan jasa konsultan:

- Pastikan bahwa konsultan yang dipilih adalah konsultan yang betul-betul berkompeten di bidang standar Sistem manajemen K3, bukan konsultan dokumen manajemen K3 biasa yang lebih memusatkan dirinya pada pembuatan dokumen saja.
- Teliti mengenai reputasi dari konsultan tersebut. Apakah mereka selalu menepati janji yang mereka berikan, mampu bekerja sama, dan yang tidak kalah penting adalah motivasi tim perusahaan. Kita dapat meminta informasi secara identitas klien mereka.
- Pastikan lebih dulu siapa yang akan diterjunkan sebagai konsultan dalam proyek ini. Hal ini penting sekali karena merekalah yang akan berkunjung keperusahaan dan akan menentukan keberhasilan, jadi bukan nama besar dari perusahaan konsultan tersebut. Mintalah waktu untuk bertemu dengan calon konsultan yang mereka ajukan dan perusahaan boleh bebas menilainya. Pertimbangan apakah tim perusahaan mau menerima dan dapat bekerjasama dengannya.

- d) Teliti apakah konsultan tersebut telah berpengalaman membantu perusahaan sejenisnya sampai mendapat sertifikat. Meskipun hal ini bukan menjadi patokan mutlak akan tetapi pengalaman menangani usaha sejenis akan lebih baik dan mempermudah konsultan dalam memahami proses organisasi perusahaan tersebut.
- e) Pastikan waktu dari konsultan terkait dengan kesibukannya menangani klien yang lain. Biasanya konsultan tidak akan berkunjung setiap hari melainkan 3-4 hari selama sebulan. Maka pastikan jumlah hari berkunjung konsultan tersebut sebelum memulai kontrak kerja sama.

3) Langkah 3. Membentuk Kelompok Kerja Penerapan

Jika perusahaan akan membentuk kelompok kerja sebaiknya anggota kelompok kerja tersebut terdiri atas seorang wakil dari setiap unit kerja. Biasanya manajer unit kerja, hal ini penting karena merekalah yang tentunya paling bertanggung jawab terhadap unit kerja yang bersangkutan.

a) Peran anggota kelompok

Dalam proses penerapan ini maka peranan anggota kelompok kerja adalah:

- (1) Menjadi agen perubahan sekaligus fasilitator dalam unit kerjanya. Merekalah yang pertama-tama menerapkan Sistem Manajemen K3 ini di unit-unit kerjanya termasuk merubah cara dan kebiasaan lama yang tidak menunjang penerapan sistem ini. Selain itu mereka juga akan melatih dan menjelaskan tentang standar ini termasuk manfaat dan konsekuensinya.
- (2) Menjaga konsistensi dari penerapan Sistem Manajemen K3, baik melalui tinjauan sehari-hari maupun berkala.
- (3) Menjadi penghubung antara manajemen dan unit kerjanya.

b) Tanggung jawab dan tugas anggota kelompok kerja

Tanggung jawab dan tugas-tugas yang harus dilakukan oleh anggota kelompok kerja adalah:

- (1) Mengikuti pelatihan lengkap dengan standar Sistem Manajemen K3.
- (2) Melatih staf dalam unit kerjanya sesuai kebutuhan.
- (3) Melakukan latihan terhadap sistem yang berlangsung dibandingkan dengan sistem standar Sistem Manajemen K3.
- (4) Melakukan tinjauan terhadap sistem yang berlangsung dibandingkan dengan sistem standar Sistem Manajemen K3.
- (5) Membuat bagan alir yang menjelaskan tentang keterlibatan unit kerjanya dengan elemen yang ada dalam standar Sistem Manajemen K3.
- (6) Bertanggung jawab untuk mengembangkan sistem sesuai dengan elemen yang terkait dalam unit kerjanya. Sebagai contoh, anggota kelompok kerja wakil dari divisi sumber daya manusia bertanggung jawab untuk pelatihan dan seterusnya.
- (7) Melakukan apa yang telah ditulis dalam dokumen baik di unit kerjanya sendiri maupun perusahaan.
- (8) Ikut serta sebagai anggota tim audit internal.
- (9) Bertanggung jawab untuk mempromosikan standar Sistem Manajemen K3 secara menerus baik di unit kerjanya sendiri maupun di unit kerja lain secara konsisten serta bersama-sama memelihara penerapan sistemnya.

c) Kualifikasi anggota kelompok kerja

Dalam menunjukan anggota kelompok kerja sebenarnya tidak ada ketentuan kualifikasi yang baku. Namun demikian untuk memudahkan dalam pemilihan anggota kelompok kerja, manajemen mempertimbangkan personel yang:

- (1) Memiliki taraf kecerdasan yang cukup sehingga mampu berfikir secara konseptual dan berimajinasi.
- (2) Rajin dan bekerja keras.
- (3) Senang belajar termasuk suka membaca buku-buku tentang standar Sistem Manajemen K3.
- (4) Mampu membuat bagan alir dan menulis.
- (5) Disiplin dan tepat waktu.
- (6) Berpengalaman kerja cukup didalam unit kerjanya sehingga menguasai dari segi operasional.
- (7) Mampu berkomunikasi dengan efektif dalam presentasi dan pelatihan.
- (8) Mempunyai waktu cukup dalam membantu melaksanakan proyek penerapan standar Sistem Manajemen K3 di luar tugas-tugas utamanya.

d) Jumlah anggota kelompok kerja

Mengenai jumlah anggota kelompok kerja dapat bervariasi tergantung dari besar kecilnya lingkup penerapan biasanya jumlah penerapan anggota kelompok kerja sekitar delapan orang. Jumlah anggota kelompok kerja ini, yang pasti harus dapat mencakup semua elemen sebagaimana disyaratkan dalam Sistem Manajemen K3. Pada dasarnya setiap anggota kelompok kerja dapat merangkap dalam **working group** dan **working group** itu sendiri dapat saja hanya terdiri dari satu atau dua orang. Kelompok kerja akan diketuai dan dikoordinir oleh seorang ketua kelompok kerja, biasanya dirangkap oleh manajemen representatif yang ditunjuk oleh manajemen puncak.

Disamping itu untuk mengawal dan mengarahkan kelompok kerja maka sebaiknya dibentuk panitia pengarah (**Steering Committee**), yang biasanya terdiri dari para anggota manajemen. Adapun tugas panitia ini adalah memberikan arahan, menetapkan kebijakan, sasaran dll yang menyangkut kepentingan organisasi secara keseluruhan. Dalam proses penerapan ini maka kelompok kerja penerapan akan bertanggung jawab dan melaporkan kepada Panitia Pengarah.

e) Kelompok kerja penunjang

Jika diperlukan, perusahaan yang berskala besar ada yang membentuk kelompok kerja penunjang dengan tugas membantu kelancaran kerja kelompok kerja penerapan, khususnya untuk pekerjaan yang bersifat teknis administratif. Misalnya: mengumpulkan catatan-catatan K3 dan fungsi administratif yang lain seperti pengetikan, penggandaan dll.

4) Langkah 4. Menetapkan Sumber Daya Yang Diperlukan

Sumber daya disini mencakup orang/personel, perlengkapan, waktu dan dana. Orang yang dimaksud adalah beberapa orang yang diangkat secara resmi diluar tugas-tugas pokoknya dan terlibat penuh dalam proses penerapan. Perlengkapan yang dimaksud adalah perlunya mempersiapkan kemungkinan ruangan tambahan untuk menyimpan dokumen atau komputer tambahan untuk mengolah dan

menyimpan data. Tidak kalah pentingnya adalah waktu. Waktu yang diperlukan tidaklah sedikit terutama bagi orang yang terlibat dalam penerapan, mulai mengikuti rapat, pelatihan, mempelajari bahan-bahan pustaka, menulis dokumen mutu sampai menghadapi kegiatan audit **assessment**. Penerapan Sistem Manajemen K3 bukan sekedar kegiatan yang dapat berlangsung dalam satu atau dua bulan saja. Untuk itu selama kurang lebih satu tahun perusahaan harus siap menghadapi gangguan arus kas karena waktu yang seharusnya dikonsentrasikan untuk memproduksi atau beroperasi banyak terserap ke proses penerapan ini. Keadaan seperti ini sebetulnya dapat dihindari dengan perencanaan dan pengelolaan yang baik. Sementara dana yang diperlukan adalah dengan membayar konsultan (bila menggunakan konsultan), lembaga sertifikasi, dan biaya untuk pelatihan karyawan diluar perusahaan.

Disamping itu juga perlu dilihat apakah dalam penerapan Sistem Manajemen K3 ini perusahaan harus menyediakan peralatan khusus yang selama ini belum dimiliki. Sebagai contoh adalah apabila perusahaan memiliki kompresor dengan kebisingan diatas rata-rata, karena sesuai dengan persyaratan Sistem Manajemen K3 yang mengharuskan adanya pengendalian resiko dan bahaya yang ditimbulkan, perusahaan tentu harus menyediakan peralatan yang dapat menghilangkan/mengurangi tingkat kebisingan tersebut. Alat pengukur tingkat kebisingan juga harus disediakan, dan alat ini harus dikalibrasi. Oleh karena itu besarnya dana yang dikeluarkan untuk peralatan ini tergantung pada masing-masing perusahaan.

5) **Langkah 5. Kegiatan penyuluhan**

Penerapan Sistem Manajemen K3 adalah kegiatan dari dan untuk kebutuhan personel perusahaan. Oleh karena itu harus dibangun adanya rasa keikutsertaan dari seluruh karyawan dalam perusahaan melalui program penyuluhan.

Kegiatan ini harus diarahkan untuk mencapai tujuan, antara lain:

- a) Menyamakan persepsi dan motivasi terhadap pentingnya penerapan Sistem Manajemen K3 bagi kinerja perusahaan.
- b) Membangun komitmen menyeluruh mulai dari direksi, manajer, staf dan seluruh jajaran dalam perusahaan untuk bekerja sama dalam menerapkan standar sistem ini.

Kegiatan penyuluhan ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, misalnya dengan pernyataan komitmen manajemen, melalui ceramah, surat edaran atau pembagian buku-buku yang terkait dengan Sistem Manajemen K3.

a) Pernyataan komitmen manajemen

Dalam kegiatan ini, manajemen mengumpulkan seluruh karyawan dalam acara khusus. Kemudian manajemen menyampaikan sambutan yang isinya, antara lain:

- (1) Pentingnya Keselamatan dan Kesehatan Kerja bagi kelangsungan dan kemajuan perusahaan.
- (2) Bahwa Sistem Manajemen K3 sudah banyak diterapkan di berbagai Negara dan sudah menjadi kewajiban perusahaan-perusahaan di Indonesia.
- (3) Bahwa manajemen telah memutuskan serta mengharapakan keikutsertaan dan komitmen setiap orang dalam perusahaan sesuai tugas dan jabatan masing-masing.

- (4) Bahwa manajemen akan segera membentuk tim kerja yang dipilih dari setiap bidang didalam perusahaan.

Perlu juga dijelaskan oleh manajemen puncak tentang batas waktu kapan sertifikasi sistem manajemen k3 harus diraih, misalnya pada waktu ulang tahun perusahaan yang akan datang. Tentu saja pernyataan seperti ini harus memperhitungkan kensekuensi bahwa sertifikasi diharapkan dapat diperoleh dalam batas waktu tersebut. Hal ini penting karena menyangkut kredibilitas manajemen dan waktu kelompok kerja.

b) Pelatihan awareness system manajemen K3

Pelatihan singkat mengenai apa itu Sitem Manajemen K3 perlu dilakukan guna memberikan dan menyamakan persepsi dan menghindari kesimpang siuran informasi yang dapat memberikan kesan keliru dan menyesatkan. Peserta pelatihan adalah seluruh karyawan yang dikumpulkan di suatu tempat dan kemudian pembicara diundang untuk menjelaskan Sistem Manajemen K3 secara ringkas dan dalam bahasa yang sederhana, sehingga mampu mengunggah semangat karyawan untuk menerapkan standar Sistem Manajemen K3. Kegiatan awareness ini bila mungkin dapat dilakukan secara bersamaan untuk seluruh karyawan dan disampaikan secara singkat dan tidak terlalu lama.

Dalam awareness ini dapat disampaikan materi tentang:

- (1) Latar belakang dan jenis Sistem Manajemen K3 yang sesuai dengan organisasi.
- (2) Alasan mengapa standar Sistem Manajemen K3 ini penting bagi perusahaan dan manfaatnya.
- (3) Perihal elemen, dokumentasi dan sertifikasi secara singkat.
- (4) Bagaimana penerapannya dan peran setiap orang dalam penerapan tersebut.
- (5) Diadakan tanya jawab.

c) Membagikan bahan bacaan

Jika pelatihan awareness hanya dilakukan sekali saja, namun bahan bacaan berupa buku atau selebaran dapat dibaca karyawan secara berulang-ulang. Untuk itu perlu dicari buku-buku yang baik dalam arti ringkas sebagai tambahan dan bersifat memberikan pemahaman yang terarah, sehingga setiap karyawan senang untuk membacanya. Apabila memungkinkan buatlah selebaran atau bulletin yang bisa diedarkan berkala selama masa penerapan berlangsung. Lebih baik lagi jika selebaran tersebut ditujukan kepada perorangan dengan menulis nama mereka satu persatu, agar setiap orang merasa dirinya dianggap berperan dalam kegiatan ini.

Dengan semakin banyak informasi yang diberikan kepada karyawan tentunya itu lebih baik, biasanya masalah akan muncul karena kurangnya informasi. Informasi ini penting sekali karena pada saat melakukan assessment, auditor tidak hanya bertanya pada manajemen saja, tetapi juga kepada semua orang. Untuk sebaiknya setiap orang benar-benar paham dan tahu hubungan standar Sistem Manajemen K3 ini dengan pekerjaan sehari-hari.

6) Langkah 6. Peninjauan sistem

Kelompok kerja penerapan yang telah dibentuk kemudian mulai bekerja untuk meninjau system yang sedang berlangsung dan kemudian dibandingkan dengan persyaratan yang ada dalam Sistem Manajemen K3. Peninjauan ini dapat dilakukan

melalui dua cara yaitu dengan meninjau dokumen prosedur dan meninjau pelaksanaan.

- a) Apakah perusahaan sudah mengikuti dan melaksanakan secara konsisten prosedur atau instruksi kerja dari OHAS 18001 atau Permenaker 05/men/1996.
- b) Perusahaan belum memiliki dokumen, tetapi sudah menerapkan sebagian atau seluruh persyaratan dalam standar Sistem Manajemen K3.
- c) Perusahaan belum memiliki dokumen dan belum menerapkan persyaratan standar Sistem Manajemen K3 yang dipilih.

7) **Langkah 7. Penyusunan jadwal kegiatan**

Setelah melakukan peninjauan sistem maka kelompok kerja dapat menyusun suatu jadwal kegiatan. Jadwal kegiatan dapat disusun dengan mempertimbangkan hal-hal berikut:

a) **Ruang lingkup pekerjaan**

Dari hasil tinjauan sistem akan menunjukkan beberapa banyak yang harus disiapkan dan berapa lama setiap prosedur itu akan diperiksa, disempurnakan, disetujui dan diaudit. Semakin panjang daftar prosedur yang harus disiapkan, semakin lama waktu penerapan yang diperlukan.

b) **Kemampuan wakil manajemen dan kelompok kerja penerapan**

Kemampuan yang dimaksud disini dalam hal membagi dan menyediakan waktu. Seperti diketahui bahwa tugas penerapan bukanlah satu-satunya pekerjaan para anggota kelompok kerja dan manajemen representative. Mereka masih mempunyai tugas dan tanggung jawab lain diluar penerapan standar Sistem Manajemen K3 yang kadang-kadang sama pentingnya dengan penerapan standar ini. Hal ini menyangkut kelangsungan usaha perusahaan seperti pencapaian sasaran penjualan, memenuhi jadwal dan target produksi.

c) **Keberadaan proyek**

Khusus bagi perusahaan yang kegiatannya berdasarkan proyek (misalnya kontraktor dan pengembangan), maka ketika menyusun jadwal kedatangan asesor badan sertifikasi, pastikan bahwa pada saat asesor datang, proyek sedang dikerjakan.

8) **Langkah 8. Pengembangan Sistem Manajemen K3**

Beberapa kegiatan yang perlu dilakukan dalam tahap pengembangan Sistem Manajemen K3 antara lain mencakup dokumentasi, pembagian kelompok, penyusunan bagan air, penulisan manual Sistem Manajemen K3, Prosedur, dan instruksi kerja.

9) **Langkah 9. Penerapan Sistem**

Setelah semua dokumen selesai dibuat, maka setiap anggota kelompok kerja kembali ke masing-masing bagian untuk menerapkan sistem yang ditulis. Adapun cara penerapannya adalah:

- a) Anggota kelompok kerja mengumpulkan seluruh stafnya dan menjelaskan mengenai isi dokumen tersebut. Kesempatan ini dapat juga digunakan untuk mendapatkan masukan-masukan dari lapangan yang bersifat teknis operasional.

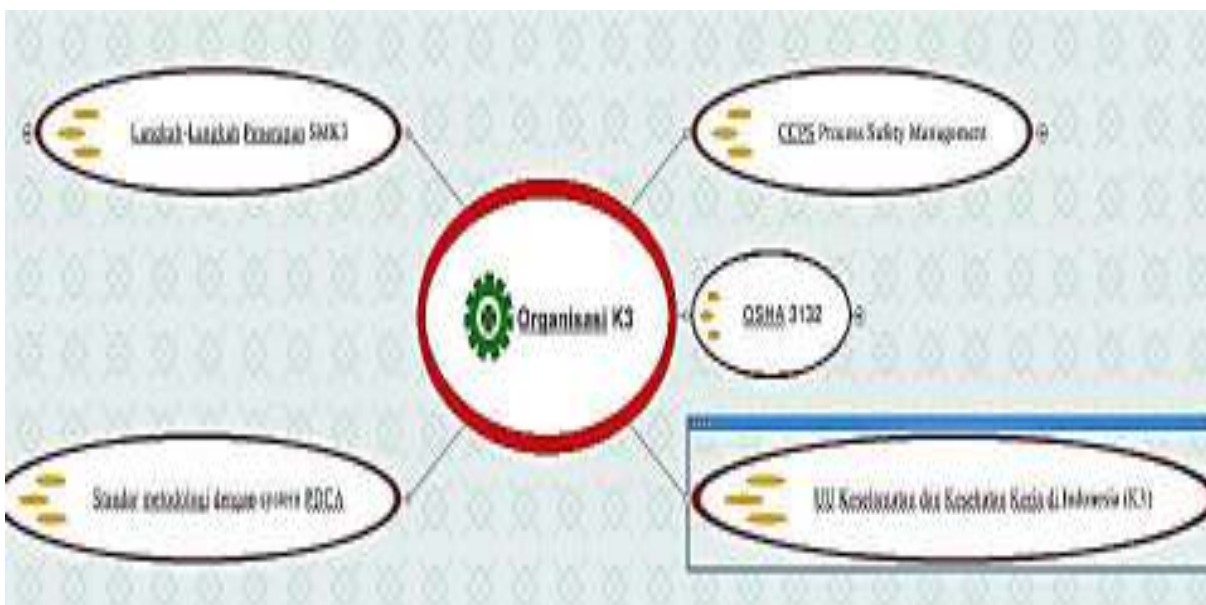
- b) Anggota kelompok kerja bersama-sama staf unit kerjanya mulai mencoba menerapkan hal-hal yang telah ditulis. Setiap kekurangan atau hambatan yang dijumpai harus dicatat sebagai masukan untuk menyempurnakan sistem.
- c) Mengumpulkan semua catatan K3 dan rekaman tercatat yang merupakan bukti pelaksanaan hal-hal yang telah ditulis. Rentang waktu untuk menerapkan sistem ini sebaiknya tidak kurang dari tiga bulan sehingga cukup memadai untuk menilai efektif tidaknya sistem yang telah dikembangkan tadi. Tiga bulan ini sudah termasuk waktu yang digunakan untuk menyempurnakan sistem dan memodifikasi dokumen.

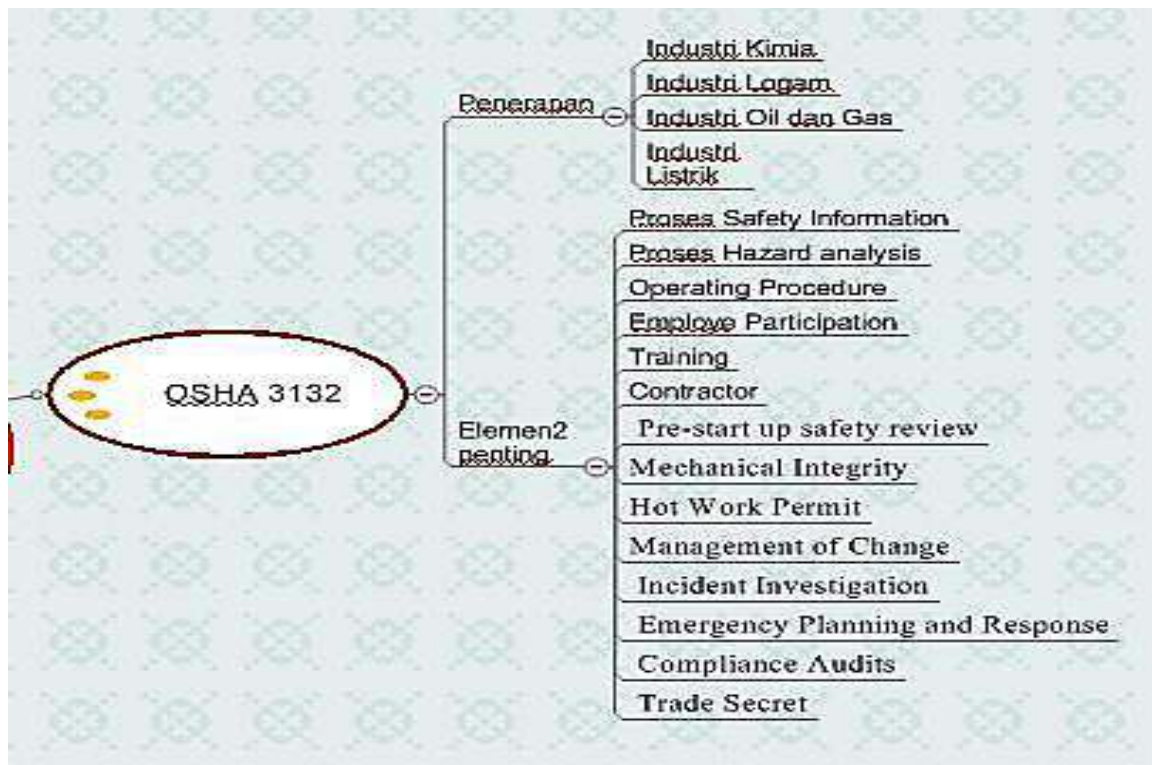
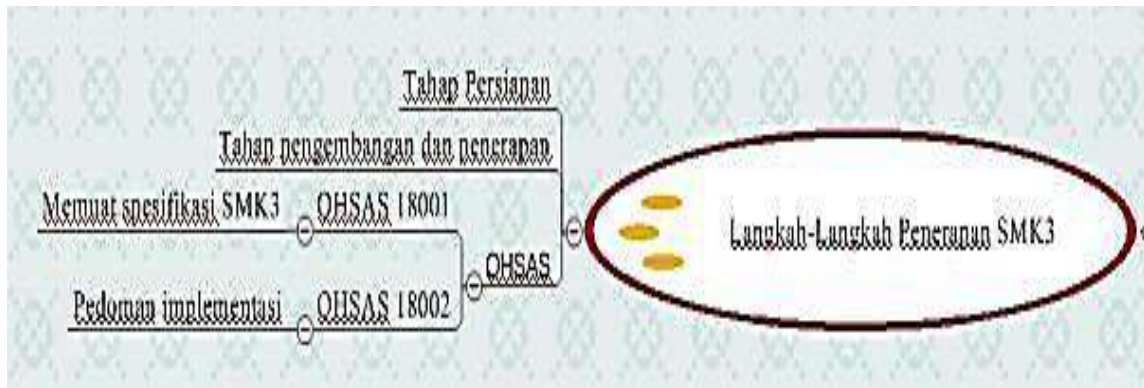
Dalam praktek pelaksanaannya, maka kelompok kerja tidak harus menunggu seluruh dokumen selesai. Begitu satu dokumen selesai sudah mencakup salah satu elemen standar maka penerapan sudah dapat mulai dikerjakan. Sementara proses penerapan system berlangsung, kelompok kerja dapat tetap melakukan pertemuan berkala untuk memantau kelancaran proses penerapan system ini. Apabila langkah-langkah yang terdahulu telah dapat dijalankan dengan baik maka proses sistem ini relative lebih mudah dilaksanakan. Penerapan system ini harus dilaksanakan sedikitnya tiga bulan sebelum pelaksanaan audit internal. Waktu tiga bulan ini diperlukan untuk mengumpulkan bukti-bukti (dalam bentuk rekaman tercatat) secara memadai dan untuk melaksanakan penyempurnaan system serta modifikasi dokumen.

10) **Langkah 10. Proses sertifikasi**

Ada sejumlah lembaga sertifikasi Sistem Manajemen K3. Misalnya Sucofindo melakukan sertifikasi terhadap Permenaker 05/Men/1996. Namun Untuk OHSAS 18001:1999 organisasi bebas menentukan lembaga sertifikasi manapun yang diinginkan. Untuk itu organisasi disarankan untuk memilih lembaga sertifikasi OHSAS 108001 yang paling tepat.

Gambar 10.18. MIND MAPPING







BAB XI HUMAN FACTOR DAN HUMAN ERROR TERHADAP BAHAYA KECELAKAAN

Manusia sebagai makhluk individu memiliki perbedaan dalam hal kemampuan untuk menyelesaikan tugas-tugas, pekerjaan, menggunakan peralatan, atau fungsi peralatan, meskipun terkadang telah dilakukan pelatihan atau perekrutan secara profesional dengan kualifikasi pekerjaan yang sama. Seiring dengan perkembangan teknologi maka aspek manusia menjadi penting untuk diperhatikan. Dalam hal ini, human factor muncul sebagai salah satu aspek yang sangat diperhitungkan khususnya di negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan negara-negara lain di Eropa.

Human factor terfokus pada aspek manusia serta interaksinya dengan produk, peralatan fasilitas yang digunakan, prosedur pekerjaan, dan lingkungan dimana kegiatan tersebut dilakukan. Menurut Chapanis dalam Rizki Rachmawati (2011), human factor berhubungan dengan informasi mengenai tingkah laku, kemampuan, dan keterbatasan manusia serta karakteristik mengenai perancangan peralatan, mesin, sistem, pekerjaan dan lingkungan untuk menghasilkan keamanan, kenyamanan, dan efektifitas dalam penggunaannya. Pada pelaksanaannya, aspek human faktor ini dicoba untuk disesuaikan dengan sesuatu yang digunakan serta lingkungan tempat kegiatannya bekerja sehingga dapat sesuai berdasarkan kapabilitas, keterbatasan dan kebutuhan orang yang melakukan pekerjaan.

Jadi bisa disimpulkan bahwa faktor manusia (human factor) pada suatu pekerjaan merupakan faktor yang mengacu pada setiap masalah yang mempengaruhi pendekatan individu terhadap pekerjaannya dan kemampuan untuk melaksanakan tugas dalam pekerjaannya atau faktor manusia sebagai faktor-faktor lingkungan, organisasi dan pekerjaan, dan karakteristik manusia dan karakteristik manusia dan individu yang mempengaruhi perilaku di tempat kerja.

A. Human Factor

1. Umur pekerja.

Berdasarkan penelitian dalam test reflek memberikan kesimpulan bahwa umur mempunyai pengaruh penting dalam menimbulkan kecelakaan akibat kerja.

2. Pengalaman Bekerja.

Pengalaman bekerja sangat ditentukan oleh lamanya seseorang bekerja. Semakin lama dia bekerja maka semakin banyak pengalaman dalam bekerja.

3. Tingkat pendidikan dan keterampilan.

Pendidikan seseorang mempengaruhi cara berpikir dalam menghadapi pekerjaan, demikian juga dalam menerima latihan kerja baik praktek maupun teori termasuk diantaranya cara pencegahan ataupun cara menghindari terjadinya kecelakaan kerja.

4. Lamanya waktu bekerja.

Lama bekerja juga mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja. hal ini didasarkan pada lamanya seseorang bekerja akan mempengaruhi pengalaman kerjanya.

5. Kelelahan.

Faktor kelelahan dapat mengakibatkan kecelakaan kerja atau turunnya produktifitas kerja. Untuk mencegah dan mengatasi memburuknya kondisi kerja akibat faktor kelelahan dapat dilakukan metode berikut ini:

1. Merubah metode kerja menjadi lebih efisien dan efektif.
2. Menerapkan penggunaan peralatan dan piranti kerja yang memenuhi standar ergonomic.
3. Menjadwalkan waktu istirahat yang cukup bagi seorang tenaga kerja.
4. Menciptakan suasana lingkungan kerja yang sehat, aman, dan nyaman bagi tenaga kerja.
5. Melakukan pengujian dan evaluasi kinerja tenaga kerja secara periodik untuk mendeteksi indikasi kelelahan secara lebih dini menemukan solusi yang tepat.
6. Menerapkan saran produktifitas kerja berdasarkan pendekatan manusiawi dan fleksibilitas yang tinggi.

Kebanyakan tempat industri cenderung melihat sesuatu untuk dikambing hitamkan ketika terjadinya kecelakaan, ketimbang mencari penyebab atau sumber kecelakaan itu. Dari hal-hal tersebut dapat disimpulkan ada 3 faktor penyebab kecelakaan kerja yang berhubungan dengan Human Factor yaitu:

1. Faktor individu
2. Faktor lingkungan
3. Faktor organisasi

1. Faktor Individu

Faktor individu adalah sumber-sumber penyebab kecelakaan kerja yang berasal dari kesalahan atau kelalaian diri seorang. Di dalam faktor individu terdapat beberapa jenis penyebab kecelakaan kerja yaitu:

- a. Konsentrasi**, konsentrasi adalah perhatian seseorang dalam menghadapi suatu masalah yang terjadi. Konsentrasi sangat diperlukan dalam segala bidang, oleh karena itu konsentrasi memegang peranan nomor satu dalam keselamatan kerja. Banyak kecelakaan kerja yang diakibatkan kurangnya berkonsentrasi dalam bekerja. Dengan demikian konsentrasi yang baik akan menghasilkan kinerja yang baik dan menghasilkan hasil yang baik pula.
- b. Psikologis**, pekerjaan akan menimbulkan reaksi psikologis bagi yang melakukan pekerjaan itu. Reaksi ini dapat bersifat positif ataupun negatif. Salah satu faktor negatif yang sering terjadi pada karyawan adalah karena tidak mengetahui bagaimana melakukan pekerjaannya secara baik dan efisien. Cara menangani pekerja psikologis antara lain sebagai berikut :
 - 1) Memberikan pengarahan dan pelatihan tentang tugas kepada pekerja sebelum melaksanakan tugas barunya.
 - 2) Memberikan uraian tugas tertulis yang jelas kepada pekerja atau karyawan.
 - 3) Melengkapi pekerja/karyawan dengan peralatan yang sesuai dengan fungsinya.
 - 4) Menciptakan lingkungan kerja yang aman dan nyaman.
- c. Usia**, usia dapat mempengaruhi produktivitas seorang pekerja dikarenakan semakin tua umur pekerja atau karyawan semakin menurun pula kondisi kesehatan tubuhnya sehingga produktivitasnya juga menurun.

Akan tetapi seseorang yang sudah lama dalam bekerja akan banyak pengalamannya sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan kecil, dikarenakan dia telah menguasai dan memahami keadaan lingkungan tempat kerjanya. Sehingga diperlukan pemindahan dan perbaruan karyawan agar produktivitas perusahaan keselamatan kerja tetap terjaga.

- d. Disiplin Kerja**, disiplin kerja dibicarakan dalam kondisi yang sering kali timbul bersifat negatif. Disiplin dikaitkan dengan sangsi atau hukuman. Kemudian disiplin dalam arti positif bahwa disiplin dapat diartikan sebagai sikap seseorang atau kelompok yang berniat untuk mengikuti aturan-aturan yang telah diterapkan. Dalam kaitannya dengan pekerjaan, pengertian disiplin kerja adalah suatu sikap dan tingkah laku yang menunjukkan ketaatan karyawan terhadap peraturan organisasi. Berdasarkan pengertian tersebut dapat ditarik indikator-indikator disiplin kerja sebagai berikut:
- 1) Disiplin kerja tidak semata-mata patuh dan taat terhadap penggunaan jam kerja saja. Misalnya datang dan pulang tepat waktu, tidak mencuri waktu untuk beristirahat.
 - 2) Upaya dalam mentaati peraturan tidak didasarkan adanya perasaan takut atau terpaksa.
 - 3) Komitmen dan loyalitas pada organisasi yaitu tercermin dari berbagai sikap dalam bekerja.
- e. Faktor Penjadwalan dan Shift Kerja**, Kondisi kerja merupakan aspek penting dalam rancangan tugas. Faktor-faktor fisika seperti temperatur, kelembaban, ventilasi, pencahayaan, warna, dan suara dapat memberikan pengaruh yang berarti terhadap kinerja para karyawan dalam produktifitas mutu keluaran, serta pengaruh terhadap kenyamanan dan keselamatan kerja.

Penting bagi sebuah perusahaan untuk memperhatikan shift kerja para karyawannya yang disesuaikan dengan kondisi kerja para karyawan. Dalam penjadwalan shift kerja terdapat 5 faktor yang harus diperhatikan diantaranya jenis shift, panjang waktu tiap shift, waktu mulai dan akhir tiap shift, dan distribusi waktu istirahat. Kondisi kerja perlu diperhatikan dalam shift kerja, sebab kondisi kerja juga dapat mempengaruhi individu dalam bekerja.

Bila kondisi kerja karyawan pabrik yang kondisi mesin harus tetap menyala, maka karyawan yang bekerja setelah satu karyawan selesai bekerja harus dilanjutkan oleh karyawan lain. Dalam hal ini tentu perusahaan harus memperhatikan hal tersebut, kira-kira jenis shift apa yang cocok bagi karyawannya. Shift kerja sangat terasa efeknya bagi kesehatan bila pekerja bekerja pada shift malam, bekerja selama berjam-jam dari mulai tengah malam sampai jam lima pagi berpeluang mengganggu ritme sirkadian (siklus bangun dan tidur normal).

Tubuh manusia secara alamiah mengikuti periode 24 jam untuk mengatur masa terjaga dan masa tidur, yang diatur oleh jam sirkadia internal. Jam sirkadia berkaitan dengan siklus cahaya alamiah pada terang dan gelap. Jam ini mengatur siklus suhu tubuh, hormone, denyut jantung, dan fungsi tubuh lainnya. Bila irama tidur karyawan terganggu tentu dapat memberikan efek lelah bagi karyawan karena istirahatnya tidak dapat maksimal.

2. Faktor Lingkungan

Lingkungan kerja berpengaruh besar terhadap moral pekerja. Faktor-faktor keadaan lingkungan kerja yang penting dalam kecelakaan kerja terdiri dari pemeliharaan rumah tangga (house keeping), kesalahan disini terletak pada rencana tempat kerja, cara menyimpan bahan buku dan alat kerja tidak pada tempatnya, lantai yang kotor dan licin.

Ventilasi yang tidak sempurna sehingga ruangan kerja terdapat debu, keadaan lembab yang tinggi sehingga orang merasa tidak enak kerja. Pencahayaan yang tidak

sempurna misalnya ruangan gelap, terdapat kesilauan dan tidak ada pencahayaan setempat. Adapun faktor yang mempengaruhi kondisi lingkungan pada ruang mesin dibagi menjadi 3, yaitu:

a. Faktor Fisik

1) Temperature

Untuk suhu pada area kerja mesin cukup tinggi, sehingga keadaan ruang pengap serta udara terasa gerah, dan suhu akan tergantung dengan kondisi cuaca terutama menjelang siang hari suhu akan semakin meningkat.

2) Pencahayaan

Pencahayaan yang terdapat pada ruangan ini cukup memadai dengan didukung lampu yang terang di seluruh area kerja, akan tetapi bila lampu ini dinyalakan seluruhnya, dapat menyebabkan bertambahnya suhu ruangan tersebut. Hal ini akan mengganggu kerja operator mesin.

3) Kebisingan

Prinsip kerja mesin adalah membuat bahan baku maupun bahan setengah jadi menjadi suatu produk jadi, maka dari itu dalam proses pekerjaan akan menimbulkan suara yang membisingkan yang ditimbulkan oleh mesin produksi.

4) Siklus udara

Untuk siklus udara yang masuk di area kerja ini sudah cukup, hal ini karena adanya ventilasi yang besar dan memanjang pada dinding atas, tetapi aliran udara yang masuk tidak berjalan dengan baik sehingga ruangan masih terasa pengap.

b. Faktor tata cara kerja

- 1) Konstruksi mesin atau peralatan yang tidak sesuai mekanisme tubuh. Hal dapat dilihat dari ukuran kursi kerja yang tidak ergonomis dan material yang diletakkan sulit dijangkau oleh operator.
- 2) Sikap kerja yang menyebabkan kelainan fisik atau keletihan. Dari hasil pengamatan saat bekerja pada operator, dapat dilihat bahwa cara pengambilan dan pengangkatan material tidak benar, hal ini dapat menyebabkan cedera punggung. Sedangkan untuk posisi duduk dianggap tidak ergonomis karena operator dalam posisi membungkuk, hal ini dapat menyebabkan mudah lelah dan cedera pada bagian punggung.

c. Faktor psikologis

- 1) Suasana kerja kurang aman : suasana kerja memadai, tetapi bagian atas banyak sekali kabel listrik yang semrawut tidak beraturan dan tidak dilindungi.
- 2) Proses kerja yang berulang: proses kerja yang berulang dapat menyebabkan kebosanan dan kelelahan pada bagian tubuh yang dikenai pekerjaan/beban.

3. Faktor Organisasi

Suatu organisasi dibentuk untuk mencapai suatu tujuan tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya, karena pada dasarnya organisasi merupakan bentuk perserikatan dari manusia untuk mencapai tujuan bersama dimana didalamnya terdapat aktifitas, oleh karena itu organisasi perlu memiliki karyawan yang berkualitas serta mempunyai semangat dan loyalitas yang tinggi.

Semangat dan loyalitas yang tinggi dipengaruhi oleh motivasi, untuk itu perlu adanya pemberian motivasi yang sesuai dengan kebutuhan karyawan. Pemberian motivasi yang tepat akan mendorong setiap karyawan bekerja lebih efektif dan efisien sehingga diharapkan produktivitas kerja karyawan akan meningkat.

Ada banyak faktor utama yang mempengaruhi semua perilaku pekerja atau karyawan. Didalam buku ini akan dibahas faktor utama yang mempengaruhi keselamatan kerja dalam organisasi, yaitu:

a. Faktor Kepemimpinan

Faktor kepemimpinan memainkan peranan yang sangat penting dalam keseluruhan upaya untuk meningkatkan etos kerja yang baik pada tingkat kelompok maupun dalam organisasi. Dikatakan demikian karena kinerja tidak hanya menyoroti pada sudut tenaga pelaksana yang pada umumnya bersifat teknis akan tetapi juga dari kelompok kerja dan managerial. Jadi pada hakekatnya esensi kepemimpinan adalah:

- 1) Kemampuan mempengaruhi tatalaku orang lain, apakah dia pegawai bawahan, rekan kerja atau atasan.
- 2) Adanya pengikat yang dapat dipengaruhi baik oleh ajakan, anjuran, bujukan, sugesti, perintah, saran atau bentuk lainnya.
- 3) Adanya tujuan yang hendak dicapai.

Sebagai pemimpin yang baik harus mempunyai 4 macam kualitas, yaitu :

- 1) Kejujuran
- 2) Pandangan kedepan
- 3) Mengilhami pengikutnya
- 4) Kompeten

Dalam gaya kepemimpinan memiliki 3 pola dasar, yaitu :

- 1) Mementingkan pelaksanaan tugas
- 2) Mementingkan hubungan kerjasama
- 3) Mementingkan hal yang dapat dicapai

b. Faktor Kerja Tim

Tim adalah sekelompok orang dengan kemampuan, talenta, pengalaman dan latar belakang yang berbeda, yang berkumpul bersama-sama untuk mencapai satu tujuan. Meskipun ada perbedaan diantara mereka, namun tujuan bersama merupakan penghubung yang menyatukan mereka sebagai tim.

Dalam sebuah organisasi, kerja team menentukan output kerja yang dihasilkan.

Karakteristik tim :

- 1) Harus memiliki tujuan bersama yang jelas.
- 2) Adanya kerjasama untuk mencapai tujuan.

Ciri-ciri tim yang hebat:

- 1) Menciptakan hasil dengan tepat
- 2) Kreatif
- 3) Bijaksana
- 4) Positif
- 5) Konsisten

Salah satu faktor yang membuat sebuah team berfungsi adalah keikutsertaan seluruh anggota tim. Agar seluruh anggota tim mengetahui tujuan tim maka:

- 1) Jadikan tujuan singkat, padat, jelas, pasti dan berorientasi pada tindakan.
- 2) Seluruh anggota tim harus mengetahui arti dari tujuan team yang sebenarnya.
- 3) Yakin akan keberhasilan.

B. Human Error

Human error adalah kegagalan pada diri manusia untuk melakukan tindakan yang ditentukan dalam batas aturan dan waktu yang dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan/properti atau gangguan operasi. Kesalahan manusia meliputi keterbatasan kapasitas (mental/fisik) vs kebutuhan (demand) pekerjaan. Peluang error semakin besar, semakin kompleks suatu pekerjaan.

Jika pekerja mengalami kesalahan maka potensi kegagalan dalam kinerja akan semakin banyak. Dalam dunia industri, istilah human error dipakai pada saat manusia atau pekerja melakukan suatu kesalahan dalam menjalankan prosedur kerja yang seharusnya. Manusia dituntut untuk melakukan pekerjaan sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

Sebenarnya human error hanyalah salah satu factor penyebab saja dalam peristiwa bencana atau kecelakaan tersebut. Human error sendiri dapat dikaji dari sisi perancangan, manajemen operasi, organisasi, dan teknologi yang diterapkan. Sangat terkait erat dengan human factor, atau ergonomika, human engineering, atau engineering psychology, termasuk dalam hal ini adalah stress dan performansi kerja.

Human error seharusnya tidak begitu menarik perhatian saat terjadi bencana atau kecelakaan. Sebaiknya mulai dicermati saat desain awal, uji coba, implementasi, audit atau uji kelayakan secara berkala terhadap system yang diterapkan. Sehingga semua resiko kecelakaan, dan kerugian, akan dapat diprediksi dan segera diantisipasi.

Reason (1997) dan Rouse (1987) menyatakan bahwa berdasarkan penelitian terhadap kecelakaan dan bencana, terhadap system operasi yang kompleks, 60% sampai 90% penyebab utamanya adalah human error. Misalnya terjadinya kebocoran gas kimia di Bopal, kecelakaan pesawat udara, kebocoran nuklir, dan system pengendalian yang lainnya. 30% dari penemuan tersebut ternyata disebabkan oleh salah persepsi operator terhadap word processing, dan pemilihan tindakan dari perintah kerja secara tidak efisien (Card & Moran.1983). Faktor lain yang mempengaruhi adalah gagalnya system mesin karena kerusakan atau kurang perawatan atau salah perawatan, walaupun masih kecil proporsinya bila dibandingkan dengan human error (Wiegman.1997).

Error juga dapat diakibatkan antara lain oleh kesalahan atau kegagalan deteksi dari sinyal alarm, misklasifikasi dalam judgment, karena adanya bias dan heuristika, tingginya bandwidth atau instability dari system control. Human error juga terkait dengan waktu reaksi dan factor kecepatan kerja serta akurasi kerja. Beban mental dengan kognitif sets yang berlebihan dengan tuntutan kecepatan performansi juga akan memproduksi banyak error.

Lingkungan kerja seperti kebisingan, cahaya, suhu udara, debu, bau menyengat yang akan bersifat stressor kerja juga berperan dalam menimbulkan banyak error. Error juga akan timbul, jika proses produksi terlalu mudah, kemudian

responnya cenderung lebih cepat, atau sebaliknya jika presesingnya terlalu sulit, karena kualitas persepsi dan beban memori harus tinggi, akibatnya responnya menjadi pelan.

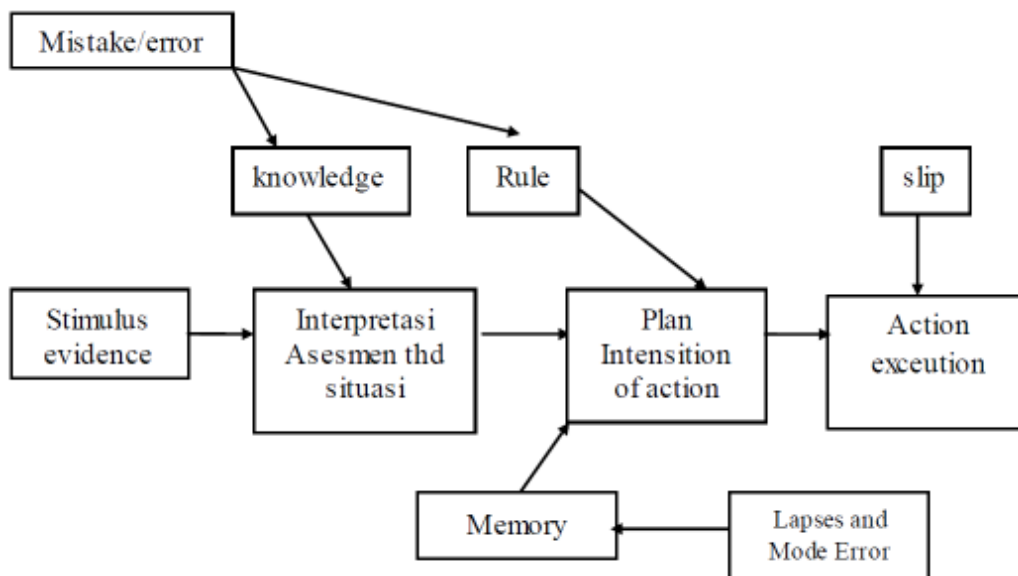
Penyebab terjadinya error lebih banyak ditentukan oleh adanya degradasi pemrosesan human information, terkait dengan interaksi manusia mesin atau computer. Dalam hal ini terkait erat dengan stress diri yang memebentuk kombinasi close-loop dengan human error.

Saat terjadi kesalahan, maka akan membuat kita stress, sebaliknya bila kita tress, maka error pun akan cenderung terjadi (Hollands & Wickens.2000). Kesalahan manusia juga sangat ditentukan oleh tindakan kurang bertanggungjawab, perancangan yang kurang memadai dan struktur organisasi yang kurang sesuai (Woods & Cook.1999). Secara manajerial operasi, seharusnya human error dapat direduksi, bahkan dieliminasi, atau diprediksi dan diantisipasi secara dini.

Di sinilah peran psikologi kerja (Berry.1998), terkait dengan personalitas operator, peran kecerdasan adversitas, kecerdasan emosi, kecerdasan spiritual, pendidikan dan pelatihan, yang dimulai pada saat tahap rekrutmen dan seleksi serta saat orientasi kerja. Didukung dengan pendekatan desain sistem yang berbasis psikologi teknologi, dan tindakan ergonomika dalam desain sistem yang berorientasi kepada kesehatan, keselamatan, lingkungan dan resiko kerja (HERS oriented). Dalam hal ini perlu dipahami bagaimana klasifikasi human error, keterkaitannya dalam organisasi kerja, dan bagaimana tindakan audit berkelanjutan agar dapat mencegah terjadinya human error.

C. Klasifikasi human error

Klasifikasi paling sederhana adalah dikotomi antara error of commission atau mengerjakan sesuatu dengan salah, dan error of omission atau tidak mengerjakan sesuatu pada saat harus melakukan tindakan semestinya (Wiegman.1997). Reason (1997) mengelaborasi klasifikasi error berdasarkan human information proessing seperti gambar 11.1 berikut.



Gambar 11.1. Representasi Human Error Dalam Pemrosesan Informasi

Operator menangkap makna stimulus dari setiap evidence dengan tidak jelas karena berbagai factor yang terkait dengan keterbatasan manusia. Secara spontan kemudian akan menginterpretasikan sesuai dengan asumsi, persepsi, pengalaman, dan pendidikan masing-masing, yang memungkinkan untuk kurang perhatian dalam mengambil tindakan atau respons yang tepat yang sesuai dengan kebutuhan situasi atau kondisi terkait. Akhirnya operator tidak dapat mengeksekusi tindakan dengan benar, yang mengakibatkan bencana atau kecelakaan. Kemampuan pemrosesan informasi tersebut juga didukung oleh kesehatan diri, kenyamanan tempat kerja dan lingkungan, serta fasilitas dan sarana prasarana atau media yang mudah untuk diinterpretasikan. Klasifikasi human error menurut Reason (1997) adalah mistakes, slips, lapses, dan mode error.

Error terhadap proses interpretasi atau kurang-tepatan dalam memilih intention, dan misdiagnosis disebut mistakes. Termasuk dalam hal ini adalah misunderstanding terhadap tombol, ikon, dan tanda baca lainnya yang mengakibatkan timbulnya kesalahan dalam penggunaan. Hal ini dapat terjadi karena adanya kemunculan mendadak dari persepsi, asumsi, memori, dan kognisi yang terlalu cepat (shortcoming) yang akan membedakan mana yang berbasis pengetahuan (knowledge) atau prosedur operasi (rule).

Kekurang-mampuan untuk memahami situasi atau keterbatasan pengetahuan membuat perancangan awal menjadi kurang tepat, pengambilan keputusan dalam perancangan awal dan dalam tindakan operasi juga menjadi kurang benar, akibatnya adalah human error karena keterbatasan pengetahuan. Sebagai contoh adalah salahpahaman atau salah interpretasi operator terhadap komunikasi (melalui audio atau visuo), memori kerja sedang overload, beban mental dan kognitif terlalu tinggi, karena sulit memahami atau sulit mengerti gambar, grafis, data digital, table, symbol, ikon, dan bahasa prosedur operasi lainnya, yang mengakibatkan biasanya konfirmasi serta buntunya berbagai alternative tindakan segera.

Sebaliknya adalah mistakes yang disebabkan oleh rule, dalam hal ini operator sudah sangat yakin mengerti dan memahami situasi dan sudah menerapkan prosedur operasi yang dikuasai. Biasanya operator dalam hal ini menggunakan logika if-then, ketika mendiagnosis situasi lingkungan disesuaikan dengan if, dari bagian prosedur yang telah pernah sukses dilakukan, kemudian tahap then baru dilakukan. Mistake dapat terjadi saat rule yang baik tidak lagi sesuai dengan situasi lingkungan yang berbeda, karena kurang informasi adanya kekecualian kualifikasi dalam prosedur. Dalam hal ini yang perlu disempurnakan adalah rulenya yang dapat mencakup dan memberikan informasi tentang berbagai situasi lingkungan terkait yang boleh, kurang, dan tidak boleh, dengan catatan tambahan tindakan jika dalam situasi lain.

Dalam istilah lainnya adalah tindakan yang dilakukan sangat tegas, kuat, baik, tetapi tidak tepat (strong but wrong), karena adanya keyakinan dan rasa percaya diri yang berlebihan. Kata kunci dalam hal ini adalah fail of information, acquisition and integration, Karena adanya shortcoming of attention, working memory, logical reason, and decision making. Dalam hal ini akan cenderung terjadi karena relative rendahnya skill dan pengalaman operator terhadap situasi dan tuntutan perhatian yang terfokus pada task. Sebaliknya slips terasosiasi dengan level skill yang lebih tinggi, tetapi cenderung terjebak dengan rutinitas dan kebiasaan. Slips terjadi pada saat pemahaman terhadap situasi sudah benar, dan formulasi intensi terhadap situasi tersebut juga sudah benar, tetapi secara mendadak terpicu untuk melakukan tindakan yang salah, misalnya salah menekan tombol yang seharusnya.

Dapat terjadi juga yang sebaliknya, formulasi intensi yang telah diputuskan oleh otak sebenarnya salah, tetapi terjadi slip, dengan tak sengaja malah menekan tombol yang benar. Slips terjadi dimana intensi sudah benar tetapi tindakan yang dilakukan ternyata meleset atau salah. Biasanya disebabkan oleh terbentuknya tindakan berdasarkan pengalaman rutinitas atau telah seringnya melakukan hal yang sejenis, beberapa karakteristik stimulus dari situasi lingkungan atau sekuensi dari kejadian sangat mirip dengan tindakan yang biasanya akan dilakukan, dan disebabkan oleh sekuensi tindakan yang sudah bersifat otomatis dan tidak dimonitor lagi oleh attensi.

Hal ini terkait dengan kebiasaan pola tindakan yang diharapkan, dan penempatan tombol eksekusi yang berdampingan tetapi tidak berdasarkan urutan kemudahan dalam logika pengambilan keputusan, atau letak tombol yang kurang teratur atau tidak dilengkapi dengan poka-yoke system (interlocking system). Beberapa tombol tersebut memiliki warna, bentuk, permukaan dan posisi yang sama secara ergonomika, sehingga menimbulkan perasaan, kognisi, persepsi yang dapat bias, karena kadang dianggap sama.

Lapses, merupakan kegagalan terhadap semua tindakan yang disebabkan oleh lenyapnya memori secara mendadak, tidak terkaitnya dengan asosiasi antara pengetahuan dan working memory yang overload saat akan bertindak atau dalam mengambil keputusan untuk bertindak. Dalam hal ini operator mengalami kelupaan sesaat, dimana seharusnya dia bertindak untuk mengoperasikan sesuatu yang seharusnya dalam sekuensi proses operasi kerja, tetapi tidak dilakukan.

Kemudian melakukan eksekusi tindakan pada step sekuensi yang selanjutnya, jadi ada satu step yang terlupakan. Hal ini biasa disebabkan oleh adanya interupsi informasi, atau terganggunya konsentrasi karena stressor lingkungan dan tempat kerja, seperti gerah, panas, kurang oksigen, terlalu bising atau banyak debu dan beban mental atau kognisi lainnya. Akibatnya bisa fatal, misalnya tertinggalnya jarum dalam perut bayi, atau tertinggalnya gunting operasi, belum dikencangkannya baut, belum diangkatnya kabel dan lain-lain yang bisa menjadi kecelakaan dan bencana.

Mode Error, dapat terjadi ketika sebagian tindakan yang sudah berulang kali sampai menjadi mode, tetapi ternyata sekarang diterapkan dalam konteks yang berbeda. Oleh operator diyakini sama saja seperti biasanya, dan tidak teringat dengan pasti konteksnya sama atau tidak. Hal ini merupakan konsekuensi relative antara perfomansi yang terotomatisasi, dengan tingginya beban kerja, dan kurang tepatnya desain perangkat keras pendukung operasi tindakan.

Sarter and Wood (1995) menyatakan bahwa mode error menjadi perhatian utama dalam human-computer interaction, terutama jika operator harus menggunakan tombol sama tetapi melayani beberapa fungsi, yang tergantung dari setting bagian system lainnya. Seperti halnya penggunaan tombol shift, alt, ctrl yang dikombinasikan dengan menekan tmbol yang lain, sering menimbulkan mode error. Human error sangat erat kaitannya dengan pemrosesan informasi dalam otak dan kegagalan recall terhadap memori yang terkait dengan pengalaman, dan pendidikan pelatihan yang telah diterima.

D. Konteks organisasi

Perhatian public terhadap human error, karena adanya pemberitaan mass media tentang berbagai kecelakaan yang terjadi. Pada hal menurut Reason (1997) mengidentifikasi bahwa kesalahan operator sebagai manusia merupakan salah

satu komponen kecil saja, bila dibandingkan dengan banyaknya defisiensi yang serius dari sisi organisasional.

Misal rendahnya kualitas desain, manajemen, pengambilan keputusan, perawatan dan perbaikan, hubungan antar pekerja dan dengan atasan, iklim kerjasama, fasilitas ruang kerja, tempat kerja, dan lingkungan kerja, serta penyempurnaan prosedur operasi kerja yang tidak berkelanjutan, merupakan pemicu kecelakaan secara organisasional sebelum terjadinya human operator error. Kualitas dalam hal ini adalah belum adanya orientasi kepada human factor atau keterbatasan manusia, atau penyesuaian terhadap manusia, juga belum memenuhi HERS (health, environment, risk, and safety) oriented.

Hal ini dapat digambarkan bahwa human error adalah sebagai puncak gunung es yang terlihat dan selalu diekspose (dikambing-hitamkan), sedangkan organizational error factor atau resident pathogens. Misalnya desain yang tidak memadai dan manajemen yang kurang pas, sebagai dasar gunung es, yang sangat besar dan tidak terduga, dan merepresentasikan kejadian berturut-turut yang mungkin akan segera terjadi dan dapat dianggap sebagai sumber bahaya (error) latent.

Gambar 11.2 di bawah ini, menjelaskan bagaimana pola hubungan antara tindakan yang tidak aman dengan kesalahan dalam pengambilan keputusan organisasional (resident pathogen), yang dapat memicu terjadinya human error. Hardware defect, mengacu kepada hal-hal yang terkait dengan human factor, human capacity, human cognition, mental load, dan ergonomika, terkait dengan permasalahan display, human interface, human machine/computer interaction, kontrol, lingkungan dan tempat kerja, dan desain system yang terkait.

Violation terkait erat dengan tindakan yang mengabaikan keamanan dan keselamatan kerja dengan mengurangi prosedur dan program safety, karena keterbatasan ketersediaan dana, atau keterbatasan pengetahuan untuk hal ini. Manajemen memiliki peran kuat dalam hal ini, karena biasanya lebih mementingkan profit dan produksi, sedangkan HERS oriented lebih bersifat beban cost saja bagi perusahaan.

Hal ini dapat dimaklumi, karena tekanan dan penguatan terhadap prestasi manajer, lebih diutamakan pada produksi dan profit. Sedangkan reinforcement terhadap HERS oriented, lebih bersifat less salient and tangible, atau tidak dapat dinilai secara langsung dan nyata, biasanya hanya dinilai berdasarkan criteria zero accident, tetapi hal ini masih sulit dipersepsikan dengan gamblang. Sehingga perilaku organisasi yang tidak berorientasi kepada HERS dapat ditoleransi, pelanggaran sering terjadi, dan resident pathogen atau sumber bahaya laten dibiarkan berkembang biak.

Seharusnya dapat direduksi bahkan dieliminasi dengan meningkatkan iklim organisasi dan peningkatan efektivitas system. Misalnya dengan task design yang berorientasikan HERS untuk meminimalkan persyaratan operator terkait dengan performansi tugas, mengurangi tekanan beban working memory, atau beban mental dan kognisi, dengan demikian akan dapat menekan terjadinya kesalahan kerja.

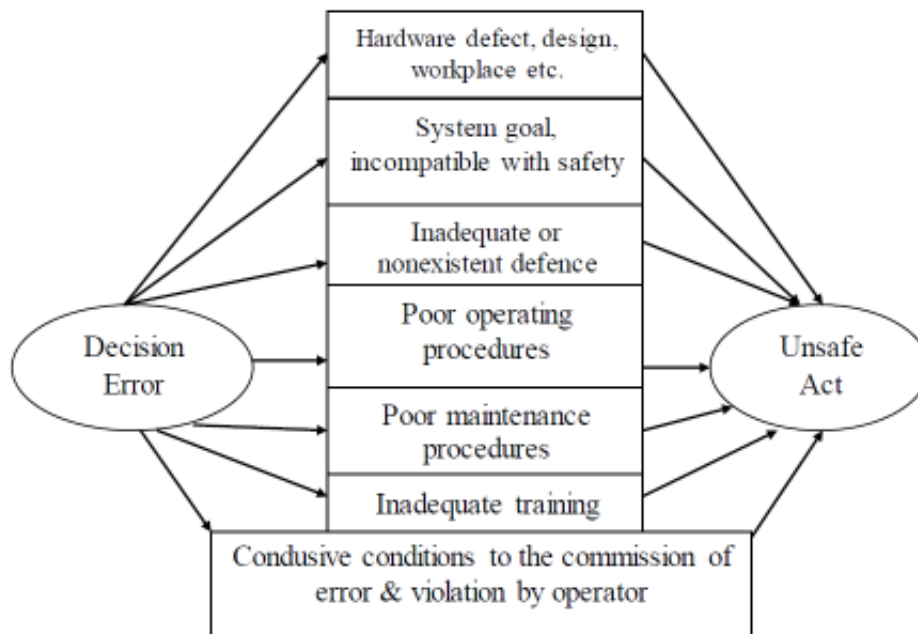
Perhatian yang perlu ditingkatkan adalah dalam desain peralatan kerja yang bertujuan untuk mereduksi human error (Norman.1988), melalui pendekatan meminimalkan kebingungan atau kerancuan persepsi, visible terhadap eksekusi tindakan dan respon dari system, gunakan kunci untuk mengisolasi kemungkinan terjadinya Error, atau gunakan pendekatan Poka-Yoke (Hiroyuki.2001), berikan

tanda peringatan atau informasi penting yang relevan dengan jelas, dan yang penting adalah menghilangkan adanya system yang menggunakan multimode yang dapat menimbulkan ambivalensi (ambigue).

Human error banyak terjadi karena kurangnya pengetahuan dan pengalaman, maka tahap orientasi kerja, pendidikan dan pelatihan menjadi bagian yang paling penting. Secara mental psikologis jika belum bisa memenuhi excellent criteria otonomi kerja dengan kemampuan problem solving dalam kondisi darurat dan berorientasikan kepada HERS, maka belum berhak mengoperasikan system produksi.

Dalam hal ini juga ditentukan oleh tahapan recruitment dan selection, yang dapat memilih operator yang memiliki sifat, habit, dan personalitas sesuai dengan beban kerja dan tanggungjawabnya. Hal lain yang perlu dicermati adalah bagaimana supervisor dapat memberikan pendampingan dalam menerapkan rule operasi kerja yang HERS oriented, dengan iklim hubungan personal yang sejuk.

Sehingga dapat mengontrol adanya situasi dan kondisi yang cenderung akan menimbulkan human error dan mengajarkan bagaimana mendeteksi dini serta mengahnya secara dini. Dalam hal ini fasilitas yang bersifat membantu memperkuat working memory dan penggunaan checklist, termasuk prosedur operasi, prosedur perawatan dan reparasi, secara sederhana, logis, mudah dipahami, mudah dicerna, mudah diingat, mudah dipersepsi dan jelas asumsinya, dengan tahapan yang mudah dan berurutan serta mudah dipahami, akan membantu mereduksi kecenderungan safety violations.



Gambar 11.2. Frame Work of Resident Pathogens

Sisi positif dari terjadinya human error, adalah kesempatan untuk mengkaji ulang dan mengembangkan system baru yang lebih sempurna. Termasuk bagaimana usaha untuk mereduksi, mengeliminasi, melokalisasi, mengisolasi, simplifikasi prosedur, meningkatkan alur informasi, evakuasi, mendeteksi, menerapkan otomasi, memperbaiki iluminasi dan ventilasi, peningkatan gizi, edukasi, dan berbagai pendekatan lainnya yang berorientasi kepada HERS, untuk menekan terjadinya human error di masa akan datang.

E. Faktor-Faktor Human Error

1. Keterbatasan kapasitas (mental/fisik) vs kebutuhan (demand) pekerjaan. Keterbatasan (mental/ fisik) pekerjaan, dapat terjadi karena pekerjaan pasti berhubungan dengan mental dan fisik. Oleh karena itu sangat dibutuhkan seorang pekerja yang mempunyai semangat kerja yang baik.
2. Kapasitas kebutuhan berkaitan dengan hasil kinerja pekerja, jika kapasitas kebutuhan tinggi pekerja harus mempunyai kreativitas kerja yang baik juga.
3. Peluang error yang semakin besar, semakin kompleks juga suatu pekerjaan, jika pekerja melakukan kesalahan atau error maka potensi kegagalan dalam kinerja akan semakin banyak.
4. Situasi pekerjaan, tempat kerja yang buruk dan tidak tertata rapi dapat menimbulkan error dalam bekerja.
5. Prosedur kerja yang tidak dirancang dengan baik. Sebelum melakukan pekerjaan seharusnya dibuat rancangan, agar tidak terjadi error saat kinerja berlangsung.
6. Karakteristik perilaku usia dan jenis kelamin. Usia dan jenis kelamin mempengaruhi proses kerja, karena semakin tua, pasti tenaga yang dihasilkan akan semakin menurun dan tidak maksimal.
7. Pengetahuan, keahlian, sikap, kondisi fisik. Pekerja sebaiknya mempunyai keahlian, sikap yang baik serta kondisi fisik yang normal, agar dapat maksimal dan fokus dalam bekerja.
8. Emosi, motivasi, stres dan faktor sosial. Pekerja yang sedang emosi dan stres sebaiknya diberi motivasi agar mempunyai semangat kerja yang maksimal, sehingga akan mempunyai dampak pada faktor sosial.

F. Tipe-tipe Penyebab Human Error

1. **Sebab Primer**, sebab primer merupakan sebab human error pada level individu. Untuk menghindari sebuah kesalahan, ahli teknologi menganjurkan pengukuran yang berhubungan ke individu, misalnya meningkatkan pelatihan, pendidikan, dan pemilihan personil.
2. **Sebab Manajerial**, penekanan peran dari pelaku individual dalam kesalahan merupakan suatu hal yang tidak tepat. Pelatihan dan pendidikan mempunyai efek yang terbatas dan penipuan atau kelalaian akan selalu terjadi. Fakta ini telah diakui secara luas pada literature kesalahan dalam industri yang beresiko tinggi. Oleh karena itu, hal tersebut merupakan peranan manajemen untuk memastikan bahwa pekerja melakukan pekerjaan dengan semestinya. Untuk memastikan bahwa sumber daya tersedia pada saat dibutuhkan dan untuk mengalokasikan tanggung jawab secara akurat diantara pekerja yang terlibat.
3. **Sebab Global**, kesalahan yang berada di luar kontrol manajemen, meliputi tekanan keuangan, tekanan waktu, tekanan sosial dan budaya organisasi.
 - 1) **Stupidity**, kebodohan manusia, merupakan error yang disebabkan karena kecerobohan manusia dalam melakukan pekerjaan.
 - 2) **Complacency**, mengeluh dalam bekerja dapat menyebabkan terjadinya kesalahan kerja, sehingga dapat merugikan proses kerja.
 - 3) **Incompetence**, wewenang yang didapatkan dalam proses pekerjaan jangan sampai menimbulkan kesalahan yang mempunyai dampak buruk bagi pekerja ataupun sistem.

Usaha-usaha untuk mengurangi angka kecelakaan dengan memperbaiki metode keselamatan dari sisi engineering atau teknis sudah lama dilakukan, tetapi hasil yang

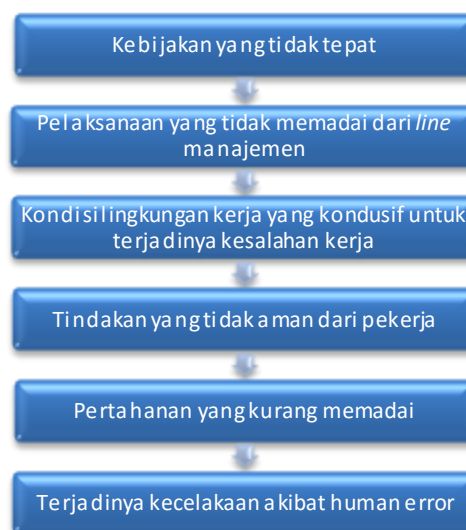
diperoleh masih kurang memuaskan karena masih tingginya angka kecelakaan. Beberapa hasil penelitian mengenai kecelakaan ditemukan bahwa peran kesalahan manusia (human error) ternyata sangat signifikan. Beberapa peneliti menyimpulkan bahwa human error merupakan faktor paling utama penyebab terjadinya kecelakaan yang menghilangkan nyawa seseorang, cedera pekerja dan kerusakan fasilitas perusahaan. Human error juga berdampak terhadap kualitas hasil produksi.

Level paling dasar didalam struktur sistem produksi yang mempengaruhi human error adalah faktor-faktor organisasi yang menciptakan prakondisi terjadinya kesalahan manusia. Top manajemen perusahaan sangat menentukan level kondisi kinerja apakah mendorong kearah yang efektif atau menimbulkan kesalahan tingkat operasional. Prioritas organisasi berpengaruh terhadap sumberdaya yang tersedia untuk membantu menerapkan sistem keselamatan proses produksi. Sikap yang mengarah kepada menyalahkan akan sangat menentukan berkembangnya budaya saling menyalahkan didalam organisasi, yang berdampak terhadap penurunan motivasi kerja dan meningkatnya human error.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi human error dalam suatu perusahaan yaitu:

1. Dorongan berpartisipasi, kualitas komunikasi antara manajemen dan pekerja akan memberikan dampak yang besar terhadap budaya keselamatan.
2. Kebijakan yang jelas untuk memastikan kualitas dari prosedur dan training.
3. Line manajemen yang merupakan perpanjangan tangan dari top manajemen, meskipun top manajemen sudah mengambil kebijakan yang tepat tetapi apabila tidak mendapatkan dukungan yang baik maka kebijakan tersebut tidak efektif.
4. Interaksi antara manusia dan peralatan kerja, seperti proses pengoperasian mesin, loading material, pemotongan, pengadukan, diperlukan penyesuaian aktifitas dalam proses teknologi yang modern dengan mengandalkan keterampilan kognitif pekerja untuk pemecahan masalah, melakukan diagnosis, dan pengambilan keputusan dalam proses dan optimasi produksi.
5. Pertahanan terhadap bahaya yang akan datang, dilakukan dalam beberapa bentuk seperti pertahanan rekayasa engineering (emergency shutdown system, release valve, containment, fire extinguisher, dll), pertahanan sistem manusia (keahlian dan pengetahuan terhadap bahaya) dan control administrative (ijin kerja, prosedur kerja).

Urutan berbagai faktor yang mendorong terjadinya human error:



Gambar 11.3. Flowchart Faktor Yang Berpotensi Mendorong Terjadinya Human Error

Perkembangan teori kesalahan manusia (human error) berkembang sangat pesat. Ada dua aspek yang berkembang dalam teori kesalahan manusia, yaitu:

1. Pendekatan analisis kesalahan (error analysis approach), dimana analisa bermula dari suatu kejadian kecelakaan, kemudian dilakukan analisa mundur untuk mencari faktor-faktor penyebab kecelakaan
2. pendekatan dalam memperkecil kesalahan manusia disebut pendekatan analisis kepatuhan (compliance analysis approach), dimana analisa bermula dari analisa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kepatuhan manusia pada peraturan keselamatan dan bagaimana cara untuk meningkatkan kepatuhan tersebut

The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) menjelaskan kegagalan manusia dalam dua kategori, yaitu: kesalahan (error) dan pelanggaran (violation). Kesalahan biasanya terjadi karena ketidakmampuan atau ketidaksengajaan karena kelalaian atau kealpaan seseorang yang berakibat kegagalan, sedangkan pelanggaran adalah adanya faktor kesengajaan untuk mengabaikan peraturan sehingga terjadi kegagalan atau kecelakaan.

Kesalahan manusia dapat dipengaruhi dan distimulasi oleh training yang kurang efektif, rancangan sistem prosedur yang buruk atau konsep yang kurang matang baik tampilan checklist atau buku manual. Human error yang terjadi bukan sebagai variasi akan tetapi akibat potensi yang dapat muncul sewaktu-waktu, berupa tindakan, bicara, persepsi, pemanggilan memori, rekognisi, pengadilan, pemecahan masalah, membuat keputusan, konsep formasi, dsb.

Menurut HFACS terdapat dua tipe kesalahan yaitu variable error dan konstan error, dimana variable error menunjukkan potensi kesalahan dalam diri manusia yang sifatnya bervariasi, sedangkan konstan error menunjukkan kesalahan yang terdapat dalam diri seseorang secara konstan dan bentuknya sama dalam dimensi tempat, lingkungan dan organisasi.

Teori kesalahan manusia yang cukup terkenal adalah teori Ramsey. Ramsey mengajukan sebuah model yang menelaah faktor-faktor pribadi yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan. Menurut Ramsey perilaku kerja yang aman atau terjadinya perilaku yang dapat menyebabkan kecelakaan, dipengaruhi oleh 4 (empat) faktor yaitu:

1. Persepsi (perception)
2. Kognitif (cognition)
3. Pengambilan keputusan (decision making)
4. Kemampuan (ability)

Keempat faktor tersebut merupakan suatu proses yang berurutan, mulai dari yang pertama hingga yang terakhir, apabila ke empat tahapan ini dapat berlangsung dengan baik maka akan terbentuk suatu perilaku yang aman. Reason J. (1990) menjelaskan beberapa metode investigasi kesalahan manusia, yaitu:

1. Metode naturalistic atau corpus gathering, yaitu metode investigasi human error berdasarkan sifat alamiah manusia.
2. Studi angket (questionare), yaitu menyelidiki kejadian dengan menggunakan beberapa bentuk angket yang bertujuan untuk mengetahui respon dari individu terhadap hal yang ditanyakan.

3. Studi laboratorium, yaitu menyelidiki melalui eksperimen terhadap individu yang hasilnya dapat terukur dan terkontrol.
4. Studi simulator, yaitu investigasi human error dengan menggunakan simulator berbasis komputer dengan menggunakan program software.
5. Studi kasus, yaitu investigasi dengan menyelidiki berbagai kasus, menggalinya, dan mengkombinasikannya dengan berbagai teori kesalahan, sehingga dapat membuat disain dan diharapkan dapat mengurangi kesalahan (error).

G. Faktor Pribadi Yang Mempengaruhi Terjadinya Kecelakaan

Menurut teori yang dikemukakan oleh Henrich (1931) bahwa kecelakaan kerja terjadi karena adanya tindakan tidak aman (unsafe act) dan perilaku tidak aman (unsafe condition). Menurut Ramsey, ada beberapa faktor pribadi yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan, antara lain:

1. **Pengamatan terhadap bahaya**, Kemampuan pekerja untuk mengamati ada tidaknya bahaya di tempat kerja bergantung dari pengetahuan atau pengalaman pekerja terhadap area atau proses kerja yang mereka lakukan. Umumnya pekerja baru yang belum mendapatkan training atau pengalaman tidak akan mampu mengidentifikasi bahaya dari pekerjaan yang mereka lakukan. Ketidakmampuan pekerja dalam mengamati atau mengidentifikasi bahaya ditempat kerja merupakan faktor yang dapat memicu terjadinya kecelakaan kerja.
2. **Pengenalan terhadap bahaya**, Banyak pekerja yang mampu mengidentifikasi bahaya ditempat kerja mereka, akan tetapi tidak mampu mengenali jenis bahaya yang dapat terjadi. Pekerja perlu mendapatkan training yang cukup untuk mengenali jenis bahaya ditempat kerja, ketidakmampuan pekerja dalam mengenali jenis bahaya yang mereka hadapi akan dapat menimbulkan kecelakaan yang lebih fatal.
3. **Keputusan untuk menghindari**, Kemampuan untuk mengambil keputusan yang tepat untuk menghindari terjadinya kecelakaan sangat dipengaruhi oleh budaya (culture), iklim dan perilaku keselamatan. Apabila ketiga hal tersebut berkembang di dalam organisasi merupakan hal berisiko maka pekerja akan cenderung untuk mengambil risiko daripada menghindari risiko, apalagi mereka sudah melakukan pekerjaan tersebut berulang-ulang dan tidak pernah terjadi kecelakaan dapat menyebabkan pekerja mengambil keputusan untuk tidak menghindari potensi bahaya yang dapat terjadi. Kesadaran akan besarnya kerugian yang dapat ditimbulkan dari bahaya yang ada, akan sangat menentukan keputusan yang diambil.
4. **Kemampuan menghindari**, Kemampuan menghindari terlihat dari perilaku yang aman pekerja dalam melakukan pekerjaannya. Kemampuan yang dibutuhkan adalah kemampuan secara fisik untuk menghindari bahaya dan kemampuan secara skill untuk menghindari bahaya. Kedua kemampuan tersebut harus dimiliki pekerja agar dapat menghindari bahaya yang terdapat di area kerja mereka. Menghindari bahaya sebelum terjadi kecelakaan dengan berperilaku aman dalam bekerja dan menghindari bahaya pada saat terjadi kecelakaan dengan mengetahui cara penanganan bahaya atau keadaan darurat.

Keempat faktor-faktor pribadi yang berpengaruh terhadap terjadinya kecelakaan tersebut bisa diperbaiki dengan cara memberikan pelatihan dan edukasi kepada pekerja, sehingga para pekerja mampu mengidentifikasi bahaya, mengenali bahaya, mengambil keputusan yang tepat untuk menghindari bahaya dan mampu menghindari bahaya tersebut dengan cara berperilaku aman dalam pekerjaan mereka.

H. Manajemen Standar Untuk Menangani Stress Kerja (Work-Related Stress)

Stress merupakan suatu kondisi yang dinamis ketika seorang individu dihadapkan kepada peluang, tuntutan, atau sumberdaya yang berkaitan dengan apa yang dihasratkan oleh individu itu dan yang hasilnya dipandang tidak pasti dan penting. Stress adalah beban rohani yang melebihi kemampuan maksimum rohani itu sendiri, sehingga perbuatan kurang terkontrol secara sehat. Stress tidak selalu buruk, walaupun biasanya dibahas dalam konteks negatif, karena stress memiliki nilai positif ketika menjadi peluang saat menawarkan potensi hasil. Sebagai contoh, banyak profesional memandang tekanan berupa beban kerja yang berat dan tenggat waktu yang mepet sebagai tantangan positif yang menaikkan mutu pekerjaan mereka dan kepuasan yang mereka dapatkan dari pekerjaan mereka.

Stress bisa positif dan bisa negatif. Peneliti berpendapat bahwa stress tantangan, atau stress yang menyertai tantangan di lingkungan kerja, beroperasi sangat berbeda dari stress hambatan, atau stress yang menghalangi dalam mencapai tujuan. Riset mengenai stress tantangan dan stress hambatan baru tahap permulaan, bukti awal menunjukkan bahwa stress tantangan memiliki banyak implikasi yang lebih sedikit negatifnya dibanding stress hambatan (sumber Wikipedia). Alasan individu untuk mengatasi stress yaitu: (sumber Health and Safety Executive / HSE)

1. Sekitar 1 dari 5 orang mengatakan bahwa mereka mengalami stress dalam pekerjaan mereka.
2. Lebih dari setengah juta orang melaporkan mengalami sakit akibat dari stress pekerjaan.
3. Setiap kasus sakit akibat stress kerja mengakibatkan kehilangan 29 hari waktu kerja, sebanyak 13.4 juta hari total kehilangan waktu kerja (tahun 2001).
4. Kerugian biaya yang dikeluarkan untuk penyakit akibat stress kerja berkisar antara £ 37 Miliar - £ 38 Miliar selama setahun (1995 - 1996).

Mengingat besarnya dampak kerugian yang diakibatkan oleh stress kerja, maka Health and Safety Executive (HSE) di UK membuat manajemen standar untuk mengatasi atau mengurangi stress di tempat kerja. Manajemen standar yang dikeluarkan oleh HSE mencakup 6 elemen penting dalam mengendalikan stress kerja di tempat kerja. Apabila elemen tersebut tidak ditangani dengan baik akan berdampak terhadap kesehatan pekerja, kesejahteraan pekerja, produktivitas kerja, kecelakaan kerja, kenyamanan bekerja, hubungan kerja, dll. Enam elemen penting yang harus ditangani secara baik dan berkelanjutan adalah sebagai berikut:

1. **Tuntutan**, meliputi beban kerja, pola kerja dan lingkungan kerja.
2. **Kontrol**, merupakan berapa banyak pekerja mengatakan bahwa mereka telah melakukan pekerjaan mereka sesuai SOP namun gagal.
3. **Dukungan**, meliputi dorongan, motivasi, kelengkapan sumberdaya.
4. **Hubungan**, misalnya mempromosikan perilaku positif untuk mencegah konflik terhadap perilaku negatif.

5. **Peran/tanggung jawab**, apakah para pekerja benar-benar sudah memahami tanggung jawab mereka didalam organisasi dan apakah sudah tidak ada konflik tanggung jawab didalam organisasi.
6. **Perubahan**, apakah setiap perubahan sudah dikomunikasikan dengan baik kepada seluruh pekerja.

Berikut tabel 11.1. Manajemen Standar Masing-Masing Elemen Untuk Diterapkan Ditempat Kerja:

	Standar	Kondisi yang harus dicapai
Tuntutan	a. Pekerja harus mampu menunjukkan bahwa mereka dapat mengatasi tuntutan kerja yang diberikan kepada mereka. b. Terdapat sistem atau proses untuk menanggapi setiap keluhan pekerja.	a. Perusahaan memberikan beban kerja atau tuntutan kerja yang sesuai atau dapat dicapai/diselesaikan berdasarkan waktu kerja yang disepakati. b. Tuntutan pekerjaan yang diberikan disesuaikan dengan keterampilan dan kemampuan pekerja. c. Pekerjaan yang diberikan harus sesuai dengan kemampuan pekerja. d. Keluhan pekerja terhadap pekerjaan harus dibicarakan penyelesaiannya.
Kontrol	a. Pekerja dapat menunjukkan bahwa mereka mampu menjelaskan cara kerja yang mereka lakukan. b. Terdapat sistem atau proses untuk menanggapi setiap keluhan pekerja.	a. Pekerja harus mampu mengontrol pekerjaan mereka. b. Perusahaan mendorong pekerja untuk menggunakan keterampilan dan inisiatif dalam melakukan pekerjaan mereka. c. Perusahaan mendorong pekerja untuk mengembangkan keterampilan baru untuk membantu mereka dalam menghadapi tantangan baru didalam bekerja. d. Perusahaan mendorong pekerja untuk mengembangkan keterampilan mereka. e. Pekerja memiliki otoritas untuk mengambil waktu istirahat. f. Pekerja dapat berkonsultasi atas pola kerja mereka.
Dukungan	a. Pekerja dapat menunjukkan bahwa mereka menerima informasi dan dukungan yang memadai dari atasan dan rekan-rekan kerja mereka. b. Terdapat sistem atau proses untuk menanggapi setiap keluhan pekerja.	a. Perusahaan harus memiliki kebijakan dan prosedur yang cukup untuk mendukung pekerja. b. Terdapat sistem atau proses yang memungkinkan manajer mendorong dan mendukung staff mereka. c. Terdapat sistem atau proses yang memungkinkan pekerja secara aktif mendorong dan mendukung rekan-rekan kerja mereka. d. Pekerja mengetahui dukungan apa yang tersedia dan bagaimana untuk mengaksesnya. e. Pekerja mengetahui bagaimana untuk mengakses sumberdaya yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan mereka. Pekerja menerima umpan balik secara berkala dan konstruktif

Lanjutan Tabel 11.1 Manajemen Standar Masing-Masing Elemen Untuk Diterapkan Ditempat Kerja:

	Standar	Kondisi Yang Harus Dicapai
Hubungan	<p>a. Pekerja menunjukkan bahwa mereka tidak mengalami perlakuan yang tidak dapat diterima, misalnya intimidasi ditempat kerja.</p> <p>b. Terdapat sistem atau proses untuk menanggapi setiap keluhan pekerja.</p>	<p>a. Perusahaan mempromosikan perilaku positif ditempat kerja untuk menghindari konflik dalam menjamin keadilan.</p> <p>b. Pekerja berbagi informasi yang relevan dengan pekerjaan mereka.</p> <p>c. Perusahaan memiliki kebijakan dan prosedur untuk mencegah perilaku atau perlakuan yang tidak dapat diterima.</p> <p>d. Terdapat sistem atau proses yang memungkinkan dan mendorong manajer untuk menangani perilaku atau perlakuan tidak dapat diterima.</p> <p>e. Terdapat sistem atau proses yang memungkinkan atau mendorong pekerja untuk melaporkan perilaku atau perlakuan yang tidak dapat diterima.</p>
Peran dan Tanggung Jawab	<p>a. Pekerja dapat menunjukkan bahwa mereka memahami peran dan tanggung jawab mereka didalam pekerjaan mereka.</p> <p>b. Terdapat sistem atau proses untuk menanggapi setiap keluhan pekerja.</p>	<p>a. Perusahaan harus memastikan penempatan pekerja pada tempat yang sesuai.</p> <p>b. Perusahaan harus memberikan dan menyediakan informasi yang memungkinkan pekerja untuk memahami peran dan tanggung jawab mereka.</p> <p>c. Perusahaan harus membuat persyaratan yang jelas untuk setiap peran dan tanggung jawab kerja.</p> <p>d. Terdapat sistem atau proses yang memungkinkan pekerja untuk menyampaikan setiap konflik atau masalah yang muncul didalam peran dan tanggung jawab kerja mereka.</p>
Perubahan	<p>a. Pekerja dapat menunjukkan bahwa perusahaan melibatkan mereka didalam melakukan perubahan.</p> <p>b. Terdapat sistem atau proses untuk menanggapi setiap keluhan pekerja.</p>	<p>a. Perusahaan memberikan kesempatan atau waktu yang cukup kepada pekerja untuk memahami alasan-alasan perubahan yang diusulkan.</p> <p>b. Perusahaan memberikan kesempatan kepada pekerja untuk berkonsultasi tentang perubahan dan memberikan kesempatan kepada pekerja untuk memberikan masukan.</p> <p>c. Pekerja menyadari dampak dari setiap perubahan pekerjaan dan jika perlu pekerja diberikan training untuk mendukung perubahan</p> <p>d. Pekerja mengetahui jadwal untuk perubahan.</p> <p>e. Pekerja memiliki akses untuk mendapatkan dukungan yang relevan selama perubahan.</p>

Tahapan penerapan dan penanganan yang harus dilakukan dalam menerapkan standar ini, yaitu:

1. Menyiapkan organisasi untuk menerapkan manajemen standar penanganan stress ditempat kerja, seperti komitmen dari top manajemen untuk mendukung program ini, menyediakan sumberdaya yang cukup dan tim yang akan bekerja untuk program ini.
2. Melakukan identifikasi faktor-faktor resiko stress ditempat kerja dengan terlebih dahulu memahami standar penanganan stress ditempat kerja.
3. Mengumpulkan data-data pekerja yang mengalami stress dan bagaimana hal tersebut dapat terjadi.
4. Melakukan evaluasi terhadap data-data stress yang diperoleh dan mencari solusi yang mungkin dilakukan.
5. Membuat rencana tindakan atau program penanganan stress dan menerapkan rencana tersebut.
6. Melakukan tinjauan ulang dan kajian efektifitas program penanganan stress yang diterapkan.

I. Perilaku Keselamatan (Safety Behavior)

Perilaku berasal dari kata bahasa Inggris “behavior” dan kata tersebut sering dipergunakan dalam bahasa sehari-hari. Perilaku sering diartikan sebagai tindakan atau kegiatan yang ditampilkan seseorang dalam hubungannya dengan orang lain dan lingkungan disekitarnya, atau bagaimana manusia beradaptasi terhadap lingkungannya. Perilaku merupakan aktifitas atau kegiatan nyata yang ditampilkan seseorang yang dapat teramati secara langsung maupun tidak langsung. Perilaku keselamatan adalah tindakan atau kegiatan yang berhubungan dengan faktor-faktor keselamatan kerja.

Menurut Zhou et al., (2007) ada 4 faktor yang paling efektif untuk meningkatkan perilaku keselamatan, yaitu: *safety attitudes*, *employee's involvement*, *safety management systems and procedures*, and *safety knowledge*. Faktor iklim keselamatan berpengaruh terhadap perilaku keselamatan apabila dibandingkan dengan pengalaman pekerja. Diperlukan strategi gabungan antara iklim keselamatan dan pengalaman kerja untuk meningkatkan perilaku keselamatan secara maksimal guna mencapai total budaya keselamatan.

Rundmo dan Hale (2003) melakukan studi terhadap sikap (attitude) manajemen terhadap keselamatan dan pencegahan terjadi kecelakaan. Hasil studi menunjukkan bahwa perilaku dipengaruhi oleh sikap. Sikap yang ideal untuk manajemen adalah: komitmen yang tinggi, kefatalan rendah, toleransi terhadap pelanggaran rendah, emosi dan kekhawatiran tinggi, tunakuasa rendah, prioritas keselamatan tinggi, penguasaan dan kesadaran tinggi.

Paul P.S. dan Maiti J. (2007) mempelajari peranan perilaku keselamatan pekerja terhadap terjadinya kecelakaan di perusahaan tambang. Berdasarkan studi yang dilakukan diperoleh struktural model yang menunjukkan hubungan work injury secara signifikan dipengaruhi oleh: pengaruh negatif, pengambilan resiko, ketidakpuasan kerja, umur dan kinerja keselamatan.

Menurut Mullen J. (2004), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi perilaku keselamatan individu pekerja, yaitu:

1. Faktor organisasi, yaitu beban kerja yang berlebih, persepsi kinerja keselamatan, pengaruh sosialisasi, sikap keselamatan dan persepsi terhadap resiko.
2. Faktor personal image, yaitu kesan macho dan mampu untuk menghindari konsekuensi negatif, misalnya diejek atau diremehkan rekan kerja dan ketakutan kehilangan posisi.

Menurut Mullen bahwa faktor organisasi menentukan perilaku keselamatan pekerja. Sosialisasi organisasi terhadap karyawan baru sedini mungkin akan mempengaruhi persepsi pekerja terhadap iklim keselamatan, sikap keselamatan, komitmen terhadap keselamatan dan perilaku keselamatan.

OHS training dan edukasi serta penegakan aturan, inspeksi, dan komunikasi merupakan karakteristik perilaku yang paling dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja keselamatan untuk semua posisi diatas. Mengembangkan atau merubah budaya organisasi merupakan tantangan serta membutuhkan biaya dan waktu yang lama. Dengan menentukan target yang tepat, seperti OHS advisor dan supervisor, kemudian mengidentifikasi keahlian dan kemampuan serta perilaku yang paling dibutuhkan yang dapat mengarah kebudayaan keselamatan yang positif, kinerja keselamatan dapat diperbaiki dan dimaksimalkan.

Pentingnya peran pimpinan dalam merubah budaya organisasi dan keselamatan sangat diutamakan, pimpinan bukan hanya tingkatan manajemen akan tetapi sampai pimpinan lapangan seperti foremen (Dingsdag et al., 2008). Pendekatan budaya keselamatan dimulai dari level manajemen ke level yang lebih rendah (top-down approach), sementara pendekatan perilaku keselamatan dimulai dari level bawah ke level atas (bottom-up approach).

Keberhasilan kedua pendekatan tersebut bergantung kepada ada tidaknya perubahan tata nilai dasar dari organisasi, itikad, dan asumsi tentang keselamatan di tempat kerja. DeJoy (2005) mengusulkan metode pendekatan terintegrasi antara pendekatan budaya keselamatan dan perilaku keselamatan. Pendekatan budaya keselamatan lebih bersifat komprehensif namun kurang memberikan solusi pada masalah keselamatan yang spesifik.

Disisi lain, pendekatan perilaku lebih bersifat spesifik dalam menyelesaikan masalah keselamatan namun kurang komprehensif. Kombinasi pendekatan kedua metode ini akan saling melengkapi dan menghasilkan perubahan yang lebih komprehensif sekaligus menyelesaikan masalah-masalah keselamatan yang spesifik. Model pendekatan terintegrasi yang diusulkan sangat baik dan dapat diterima secara konsep (DeJoy, 2005).

Salah satu program yang paling banyak digunakan untuk memperbaiki perilaku pekerja adalah behavior-based safety. Behavior-based safety atau lebih dikenal dengan singkatan BBS adalah suatu pendekatan yang bersifat proaktif dalam meningkatkan kinerja K3, dan sistem ini juga memberikan peringatan dini terhadap potensi bahaya kecelakaan serta dapat mengukur perilaku aman dan tidak aman di tempat kerja.

Sistem ini juga memberikan kesempatan kepada setiap individu untuk berbagi informasi mengenai kinerja K3 dan umpan balik terhadap rekan-rekan kerja mereka, mendorong keterlibatan pekerja dalam semua aktifitas K3, meningkatkan kesadaran pribadi akan K3, memperbaiki persepsi terhadap resiko dan mengarahkan konsep berpikir pada pencegahan kecelakaan (IET, 2007).

Program BBS adalah merupakan program perbaikan kontinu yang melibatkan manajemen dan pekerja. Ada lima program yang harus dijalankan secara kontinu dalam BBS, yaitu:

1. Observasi, diskusi dan umpan balik dari pekerja di lingkungan kerja dilakukan untuk mendapatkan informasi sebanyak-banyaknya untuk mengetahui perilaku aman dan tidak aman dari pekerja.
2. Melakukan komunikasi dengan semua pekerja sebagai bentuk pembelajaran berdasarkan informasi yang diperoleh dari program pertama.
3. Membuat program perencanaan implementasi BBS berdasarkan masukan dan data yang diperoleh dari program pertama.
4. Implementasi perbaikan dan berbagi pembelajaran antar organisasi.
5. Training dan pembinaan untuk meningkatkan kesadaran akan keselamatan dan persepsi terhadap resiko, membina individu untuk melakukan pekerjaan sesuai dengan standar dan menguji dampak perilaku.

BAB XII

PENDIDIKAN DAN PELATIHAN K3

A. Konsep Dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. Per.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Sistem Manajemen K3) merupakan bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif. Tujuan dan sasaran Sistem Manajemen K3 adalah untuk menciptakan suatu sistem keselamatan dan kesehatan ditempat kerja dengan melibatkan unsur manajemen, tenaga kerja, kondisi dan lingkungan kerja yang terintegrasi dalam rangka mencegah dan mengurangi kecelakaan dan penyakit akibat kerja serta terciptanya tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.

Sistem Manajemen K3 wajib diterapkan oleh setiap perusahaan yang mempekerjakan tenaga kerja sebanyak 100 orang atau lebih, perusahaan yang mempunyai potensi bahaya yang ditimbulkan oleh karakteristik proses atau bahan yang dapat mengakibatkan kecelakaan kerja seperti peledakan, kebakaran, pencemaran dan penyakit akibat kerja. Berdasarkan Pasal 4 Permenaker tentang Sistem Manajemen K3, terdapat 5 ketentuan yang harus perusahaan/pengusaha laksanakan, yaitu:

- a. Menetapkan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja dan menjamin komitmen terhadap penerapan Sistem Manajemen K3.
- b. Merencanakan pemenuhan kebijakan, tujuan dan sasaran penerapan keselamatan dan kesehatan kerja.
- c. Menerapkan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja secara efektif dengan mengembangkan kemampuan dan mekanisme pendukung yang diperlukan untuk mencapai kebijakan, tujuan dan sasaran keselamatan dan kesehatan kerja.
- d. Mengukur, memantau dan mengevaluasi kinerja keselamatan dan kesehatan kerja serta melakukan tindakan perbaikan dan pencegahan.
- e. Meninjau secara teratur dan meningkatkan pelaksanaan Sistem Manajemen.

B. Pentingnya Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Terdapat beberapa alasan yang mengungkapkan pentingnya Sistem Manajemen K3 diterapkan dalam suatu perusahaan/laboratorium. Alasan tersebut dapat dilihat dari aspek manusiawi, ekonomi, UU dan Peraturan, serta nama baik (Adrian, dkk, 2009). Berikut adalah argumentasi betapa pentingnya Sistem Manajemen K3.

1. Alasan Manusiawi

Membiarkan terjadinya kecelakaan kerja tanpa berusaha melakukan sesuatu untuk memperbaiki keadaan merupakan suatu tindakan yang tidak manusiawi. Hal ini dikarenakan kecelakaan yang terjadi tidak hanya menimbulkan penderitaan bagi korbannya (misalnya kematian, cacat/luka berat, luka ringan), melainkan juga penderitaan bagi keluarganya. Oleh karena itu, pengusaha atau sekolah

mempunyai kewajiban untuk melindungi pekerja atau siswanya dengan cara menyediakan lapangan kerja yang aman.

2. Alasan Ekonomi

Setiap kecelakaan kerja yang terjadi akan menimbulkan kerugian ekonomi, seperti kerusakan mesin, peralatan, bahan dan bangunan, biaya pengobatan dan biaya santunan kecelakaan. Oleh karena itu, dengan melakukan langkah-langkah pencegahan kecelakaan, maka selain mencegah terjadinya cedera pada pekerja, kontraktor juga dapat menghemat biaya yang harus dikeluarkan.

3. Alasan UU dan Peraturan

UU dan peraturan dikeluarkan oleh pemerintah atau suatu organisasi bidang keselamatan kerja dengan pertimbangan bahwa masih banyak kecelakaan yang terjadi, makin meningkatnya pembangunan dengan menggunakan teknologi modern, pekerjaan konstruksi merupakan kompleksitas kerja yang dapat merupakan sumber terjadinya kecelakaan kerja dan pentingnya arti tenaga kerja di bidang konstruksi.

4. Nama Baik Institusi

Suatu perusahaan yang mempunyai reputasi yang baik dapat mempengaruhi kemampuannya dalam bersaing dengan perusahaan lain. Reputasi atau citra perusahaan juga merupakan sumber daya yang penting, terutama bagi industri jasa, termasuk jasa konstruksi. Hal ini karena berhubungan dengan kepercayaan dari pemberi tugas/pemilik proyek. Prestasi tentang keselamatan kerja yang dimiliki perusahaan mendukung reputasi perusahaan itu, sehingga dapat dikatakan bahwa prestasi perusahaan tentang keselamatan kerja yang baik akan memberikan keuntungan kepada perusahaan secara tidak langsung.



Gambar 12. 1. Logo Kampanye Pentingnya K3

C. Teori Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Pada awal perkembangannya, Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) mengalami beberapa perubahan konsep. Konsep K3 pertama kali dimulai di Amerika Tahun 1911 dimana K3 sama sekali tidak memperhatikan keselamatan dan kesehatan para pekerjanya. Kegagalan tersebut terjadi pada saat terdapat pekerjaan yang mengakibatkan kecelakaan pada pekerja dan perusahaan. Kecelakaan tersebut dianggap sebagai nasib yang harus diterima oleh

perusahaan dan tenaga kerja. Bahkan, tidak jarang, tenaga kerja yang menjadi korban tidak mendapat perhatian baik moral maupun materiil dari perusahaan. Perusahaan beranggapan bahwa kecelakaan yang terjadi karena kesalahan tenaga kerja sendiri. Hal tersebut bertujuan untuk menghindari kewajiban perusahaan di dalam membayar kompensasi kepada tenaga kerja.

Pada Tahun 1931, H.W. Heinrich mengeluarkan suatu konsep yang dikenal dengan Teori Domino. Konsep Domino memberikan perhatian terhadap kecelakaan yang terjadi. Berdasar Teori Domino, kecelakaan dapat terjadi karena adanya kekurangan dalam lingkungan kerja dan atau kesalahan tenaga kerja. Dalam perkembangannya, konsep ini mengenal kondisi tidak aman (**unsafe condition**) dan tindakan tidak aman (**unsafe act**). Pada awal pengelolaan K3, konsep yang dikembangkan masih bersifat kuratif terhadap kecelakaan kerja yang terjadi. Bersifat kuratif berarti K3 dilaksanakan setelah terjadi kecelakaan kerja. Pengelolaan K3 yang seharusnya adalah bersifat pencegahan (preventif) terhadap adanya kecelakaan.

Pengelolaan K3 secara **preventif** bermakna bahwa kecelakaan yang terjadi merupakan kegagalan dalam pengelolaan K3 yang berakibat pada kerugian yang tidak sedikit bagi perusahaan dan tenaga kerja. Pengelolaan K3 dalam pendekatan modern mulai lebih maju dengan diperhatikannya dan diikutkannya K3 sebagai bagian dari manajemen perusahaan. Hal ini mulai disadari dilihat dari data yang ada, bahwa kecelakaan yang terjadi juga mengakibatkan kerugian yang cukup besar.

Dengan memperhatikan banyaknya resiko yang diperoleh perusahaan, maka mulailah diterapkan Manajemen Resiko yang dijadikan sebagai inti dan cikal bakal Sistem Manajemen K3. Konsep ini sudah mulai menerapkan pola preventif terhadap kecelakaan yang akan terjadi. Manajemen Resiko menuntut tidak hanya keterlibatan pihak manajemen tetapi juga komitmen manajemen dan seluruh pihak yang terkait, termasuk pekerja. Dalam penerapan K3 di sekolah, maka diperlukan keterlibatan manajemen sekolah, guru, teknisi dan siswa.

Pada konsep ini, bahaya sebagai sumber kecelakaan harus teridentifikasi, kemudian perhitungan dan prioritas terhadap resiko dari potensi bahaya, dan terakhir pengendalian resiko. Peran manajemen sangat diperlukan terutama pada tahap pengendalian resiko, karena pengendalian resiko membutuhkan ketersediaan semua sumber daya yang dimiliki oleh perusahaan/sekolah dan hanya pihak manajemen yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut.

Dari perjalanan pengelolaan K3 diatas semakin menyadarkan akan pentingnya K3 dalam bentuk manajemen yang sistematis dan mendasar agar dapat terintegrasi dengan manajemen perusahaan yang lain. Integrasi ini diawali dengan kebijakan dari perusahaan untuk menerapkan suatu Sistem Manajemen K3 yang bertujuan mengelola K3. Sistem Manajemen K3 mempunyai pola Pengendalian Kerugian secara Terintegrasi (**Total Loss Control**) yaitu sebuah kebijakan untuk mengindarkan kerugian bagi perusahaan, property, personel di perusahaan dan lingkungan melalui penerapan Sistem Manajemen K3 yang mengintegrasikan sumber daya manusia, material, peralatan, proses, bahan, fasilitas dan lingkungan dengan pola penerapan prinsip manajemen yaitu perencanaan (**plan**), pelaksanaan (**do**), pemeriksaan (**check**), peningkatan (**action**).

Dalam sejarah perjalanan Sistem Manajemen K3, tercipta beberapa standar yang dapat dipakai oleh perusahaan. Standar-standar tersebut antara lain:

1. HASAS 18000/18001 Occupational Health and Safety Management Systems
2. Voluntary Protective Program OSHA
3. BS 8800
4. Five Star System
5. International Safety Rating System (ISRS)
6. Safety Map
7. DR 96311
8. Aposho Standar 1000
9. AS/ANZ 4801/4804
10. Peraturan Menteri Tenaga Kerja No. Per.05/Men/1996 (SMK3 yang berbentuk Peraturan Perundang-Undangan).

Kini pengelolaan K3 dengan penerapan Sistem Manajemen K3 sudah menjadi bagian yang dipersyaratkan dalam ISO 9000: 2000 dan CEPAA Social Accountability 8000:1997. Akan tetapi sampai saat ini belum terdapat satu standar internasional tentang Sistem Manajemen K3 yang disepakati dan dapat diterima banyak negara, sebagaimana halnya Sistem Manajemen Mutu ISO 9000 dan Sistem Manajemen Mutu Lingkungan ISO 14000.

D. Keselamatan Kerja

Selain kesehatan yang tak kalah pentingnya adalah keselamatan kerja. Keselamatan kerja merupakan keadaan terhindar dari bahaya saat melakukan kerja. Menurut Suma'mur (1987:1), Keselamatan kerja adalah keselamatan yang bertalian dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan. Keselamatan kerja menyangkut semua proses produksi dan distribusi baik barang maupun jasa.

Keselamatan kerja adalah tugas semua orang yang bekerja. Keselamatan adalah dari, oleh dan untuk setiap tenaga kerja maupun masyarakat pada umumnya. Tasliman (1993:1) sependapat dengan Suma'mur bahwa keselamatan dan kesehatan kerja menyangkut semua unsur yang terkait di dalam aktifitas kerja. Ia menyangkut subjek atau orang yang melakukan pekerjaan, objek (material) yaitu benda-benda atau barang-barang yang dikerjakan, alat-alat kerja yang dipergunakan dalam bekerja berupa mesin-mesin dan peralatan lainnya, serta menyangkut lingkungannya, baik manusia maupun benda-benda atau barang. Keselamatan kerja adalah sarana utama untuk pencegahan kecelakaan, cacat dan kematian sebagai akibat dari kecelakaan kerja. Keselamatan kerja yang baik adalah pintu gerbang bagi keamanan tenaga kerja.

Kecelakaan selain menjadi hambatan langsung, juga merugikan secara tidak langsung yakni kerusakan mesin dan peralatan kerja, terhentinya proses produksi untuk beberapa saat, kerusakan pada lingkungan kerja dan lain-lain. (Suma'mur, 1985:2) Secara umum keselamatan kerja dapat dikatakan sebagai ilmu dan penerapannya yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungan kerja serta cara melakukan pekerjaan guna menjamin keselamatan tenaga kerja dan aset perusahaan agar terhindar dari kecelakaan dan kerugian lainnya.

Keselamatan kerja juga meliputi penyediaan Alat Pelindung Diri (APD), perawatan mesin dan pengaturan jam kerja yang manusiawi. Pendapat lain mengatakan Keselamatan (safety) meliputi: mengendalikan kerugian dari kecelakaan (control of accident loss) dan kemampuan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan (mengontrol) resiko yang tidak bisa diterima (the ability to identify and eliminate unacceptable risk) Pengertian **K3** adalah suatu ilmu pengetahuan dan penerapan guna mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dan lingkungan kerja.

Menurut **America Society of Safety and Engineering (ASSE)**, K3 diartikan sebagai bidang kegiatan yang ditujukan untuk mencegah semua jenis kecelakaan yang ada kaitannya dengan lingkungan dan situasi kerja. Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) difilosofikan sebagai suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan baik jasmani maupun rohani tenaga kerja pada khususnya dan manusia pada umumnya, hasil karya dan budayanya menuju masyarakat makmur dan sejahtera. Sedangkan pengertian secara keilmuan adalah suatu ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam usaha mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

Keselamatan dan Kesehatan (K3) tidak dapat dipisahkan dengan proses produksi baik jasa maupun industri. Istilah lainnya adalah ergonomi yang merupakan keilmuan dan aplikasinya dalam hal sistem dan desain kerja, keserasian manusia dan pekerjaannya, pencegahan kelelahan guna tercapainya pelaksanaan pekerjaan secara baik. Perkembangan pembangunan setelah Indonesia merdeka menimbulkan konsekuensi meningkatkan intensitas kerja yang mengakibatkan pula meningkatnya resiko kecelakaan di lingkungan kerja. K3 memiliki tiga norma yang harus selalu dipahami, yaitu: (1) aturan berkaitan dengan keselamatan dan kesehatan kerja; (2) diterapkan untuk melindungi tenaga kerja; (3) resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

E. Kesehatan Kerja

Produktifitas optimal dalam dunia pekerjaan merupakan dambaan setiap manager atau pemilik usaha karena dengan demikian sasaran keuntungan akan dapat dicapai. Kesehatan (Health) berarti derajat/ tingkat keadaan fisik dan psikologi individu (the degree of physiological and psychological well being of the individual). Kesehatan Kerja, yaitu: suatu ilmu yang penerapannya untuk meningkatkan kualitas hidup tenaga kerja melalui peningkatan kesehatan, pencegahan penyakit akibat kerja yang diwujudkan melalui pemeriksaan kesehatan, pengobatan dan asupan makanan yang bergizi.

Program kesehatan di usaha busana bertujuan untuk mewujudkan lingkungan usaha busana yang aman, nyaman dan sehat bagi seluruh pekerja dan pengunjung sehingga kejadian pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan yang ditimbulkan oleh kegiatan usaha busana dapat ditekan atau bila mungkin dihilangkan. Empat pilar strategi yang telah ditetapkan untuk mendukung visi Kementerian Kesehatan dalam rangka mewujudkan “kesehatan kerja” adalah:

1. **Strategi paradigma sehat** yang harus dilaksanakan secara serempak dan bertanggung jawab di semua lapisan. Termasuk partisipasi aktif lintas sektor dan seluruh potensi masyarakat.
2. **Strategi Profesionalisme**, yaitu memelihara pelayanan kesehatan yang bermutu, merata dan terjangkau.

3. **Strategi Jaminan Pemeliharaan Kesehatan Masyarakat (JPKM)** guna memantapkan kemandirian masyarakat hidup sehat, diperlukan peran aktif dan pembiayaan.
4. **Strategi Desentralisasi**, intinya adalah pendelegasian wewenang yang lebih besar kepada pemerintah daerah untuk mengatur sistem pemerintahan kerumahtanggaannya sendiri.

Pada simposium internasional mengenai penyakit akibat hubungan pekerjaan yang diselenggarakan oleh ILO di Linz Australia, dihasilkan beberapa definisi sebagai berikut :

1. Penyakit Akibat Kerja: penyakit akibat kerja ini mempunyai penyebab yang spesifik atau asosiasi yang kuat dengan pekerjaan yang pada umumnya terdiri dari satu agen penyebab yang mudah diakui (pekerjaan sebagai pencetus sakit atau penyakit) atau lebih dikenal sebagai **man made disease**. Pencegahan dapat dimulai dengan pengendalian secermat mungkin pengganggu kesehatan atau pengganggu kerja. Gangguan ini terdiri dari:
 - a) Beban kerja (berat, sedang, ringan atau fisik, psikis, dan sosial).
 - b) Beban tambahan oleh faktor-faktor lingkungan kerja seperti faktor fisik, kimia, biologi dan psikologi. Kapasitas kerja atau kualitas karyawan sendiri yang meliputi: kemahiran, ketrampilan, usia, daya tahan tubuh, jenis kelamin, gizi, ukuran tubuh dan motivasi kerja.
2. Penyakit yang berhubungan dengan pekerjaan **Work related disease** adalah penyakit yang mempunyai beberapa agen penyebab, dimana faktor di dalam pekerjaan memegang peranan bersama dengan faktor resiko lainnya dalam berkembangnya penyakit yang mempunyai etiologi yang kompleks.
3. Penyakit mengenai populasi pekerja adalah penyakit yang terjadi pada populasi pekerja tanpa adanya agen penyebab di tempat kerja, namun dapat diperberat oleh kondisi pekerjaan yang buruk bagi kesehatan.

F. Tujuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Pada prinsipnya sasaran atau tujuan dari K3 adalah :

1. Menjamin keselamatan operator dan orang lain.
2. Menjamin penggunaan peralatan aman dioperasikan.
3. Menjamin proses produksi aman dan lancar.

Sedangkan tujuan keselamatan kerja menurut Suma'mur, (1985:1) adalah sebagai berikut:

1. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas masyarakat.
2. Menjamin keselamatan setiap orang lain yang berada ditempat kerja.
3. Sumber produksi dipelihara dan dipergunakan secara aman dan efisien.

Sementara itu, peraturan perundangan No. I tahun 1970 Pasal 3 tentang keselamatan kerja ditetapkan syarat-syarat keselamatan kerja untuk:

1. Mencegah dan mengurangi kecelakaan.
2. Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran.
3. Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan.

4. Memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya.
5. Memberi pertolongan pada kecelakaan
6. Memberi alat-alat pelindung diri pada para pekerja.
7. Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebar luasnya suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar radiasi, suara dan getaran.
8. Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja baik fisik maupun psikis, peracunan, infeksi dan penularan.
9. Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai.
10. Menyelenggarakan suhu dan lembab udara yang baik.
11. Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup.
12. Memelihara kebersihan, kesehatan dan ketertiban.
13. Memperoleh keserasian antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya.
14. Mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang.
15. Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan.
16. Mengamankan dan memperlancar pekerjaan bongkar muat, perlakuan dan penyimpanan barang.
17. Mencegah terkena aliran listrik yang berbahaya.
18. Menyesuaikan dan menyempurnakan pengamanan pada pekerjaan yang bahaya kecelakaannya menjadi bertambah tinggi. (Tia,Setiawan dan Harun, 1980: 11-12).

Hal tersebut juga mengakibatkan meningkatnya tuntutan yang lebih tinggi dalam mencegah terjadinya kecelakaan yang beraneka ragam bentuk maupun jenis kecelakaannya. Sejalan dengan itu, disusunlah UU No.14 tahun 1969 tentang pokok-pokok mengenai tenaga kerja yang selanjutnya mengalami perubahan menjadi UU No.12 tahun 2003 tentang ketenagakerjaan.

Dalam pasal 86 UU No.13 tahun 2003, dinyatakan bahwa setiap pekerja mempunyai hak untuk memperoleh perlindungan atas keselamatan dan kesehatan kerja, moral dan kesusilaan dan perlakuan yang sesuai dengan harkat dan martabat serta nilai-nilai agama, akan tetapi pekerja mempunyai kewajiban untuk memberikan kontribusi pada kondisi tersebut dengan berperilaku yang bertanggung jawab. Setiap cedera atau kasus sakit akibat hubungan kerja, dapat dihindari dengan sistem kerja, peralatan, substansi, training dan supervisi yang tepat. Sakit, cedera dan perilaku yang tidak mendukung kesehatan, keselamatan dan keamanan kerja akan mengakibatkan menurunnya produktifitas kerja. Salah satu masalah yang hampir setiap hari terjadi di tempat kerja adalah kecelakaan yang menimbulkan hal-hal yang tidak kita inginkan, seperti kerusakan peralatan, cedera tubuh, kecacatan bahkan kematian.

G. Sebab-Sebab Terjadinya Kecelakaan dalam Bekerja

Dalam pelaksanaannya K3, salah satu bentuk upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat dan bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat mengurangi dan atau bebas dari kecelakaan yang pada akhirnya dapat meningkatkan sistem dan produktifitas kerja. Kecelakaan adalah kejadian yang tak terduga dan tak diharapkan. Tak terduga karena di belakang peristiwa itu tidak terdapat unsur kesengajaan, lebih-lebih dalam bentuk perencanaan, tidak

diharapkan karena peristiwa kecelakaan disertai kerugian materiil maupun penderitaan dari yang paling ringan sampai kepada yang paling berat dan tidak diinginkan.

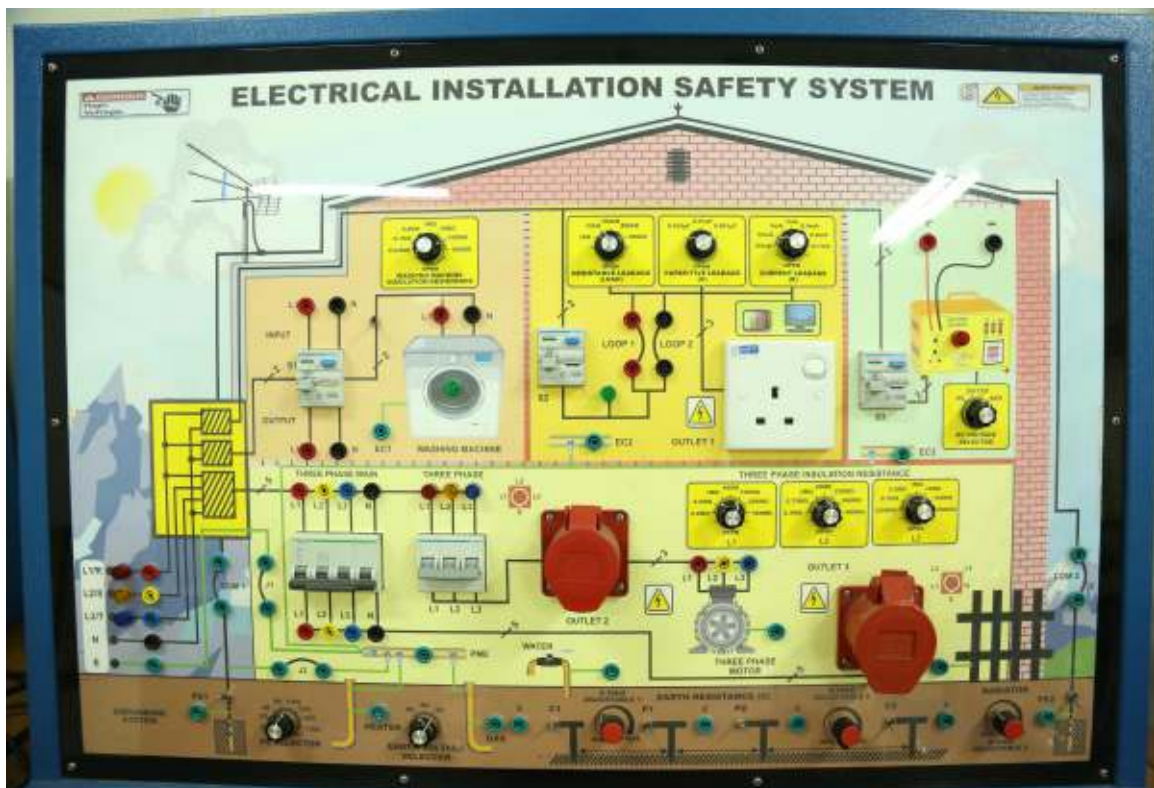
Secara teoritis istilah-istilah bahaya yang sering ditemui dalam lingkungan kerja meliputi beberapa hal berikut:

1. **Hazard** (sumber bahaya). Suatu keadaan yang memungkinkan/ dapat menimbulkan kecelakaan, penyakit, kerusakan atau menghambat kemampuan pekerja yang ada.
2. **Danger** (tingkat bahaya). Peluang bahaya sudah tampak (kondisi bahaya sudah ada tetapi dapat dicegah dengan berbagai tindakan preventif. Risk, prediksi tingkat keparahan bila terjadi bahaya dalam siklus tertentu.
3. **Insident**. Munculnya kejadian yang bahaya (kejadian yang tidak diinginkan, yang dapat/ telah mengadakan kontak dengan sumber energi yang melebihi ambang batas badan/struktur.
4. **Accident**. Kejadian bahaya yang disertai adanya korban dan atau kerugian (manusia/ benda).

H. Diklat K3

1. Media Diklat

Media yang digunakan dalam diklat Keselamatan dan Kesehatan kerja di bidang kelistrikan ini adalah menggunakan media Electrical Installation Safety System yang berada di jurusan pendidikan teknik elektro fakultas teknik universitas negeri Yogyakarta. Media tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:

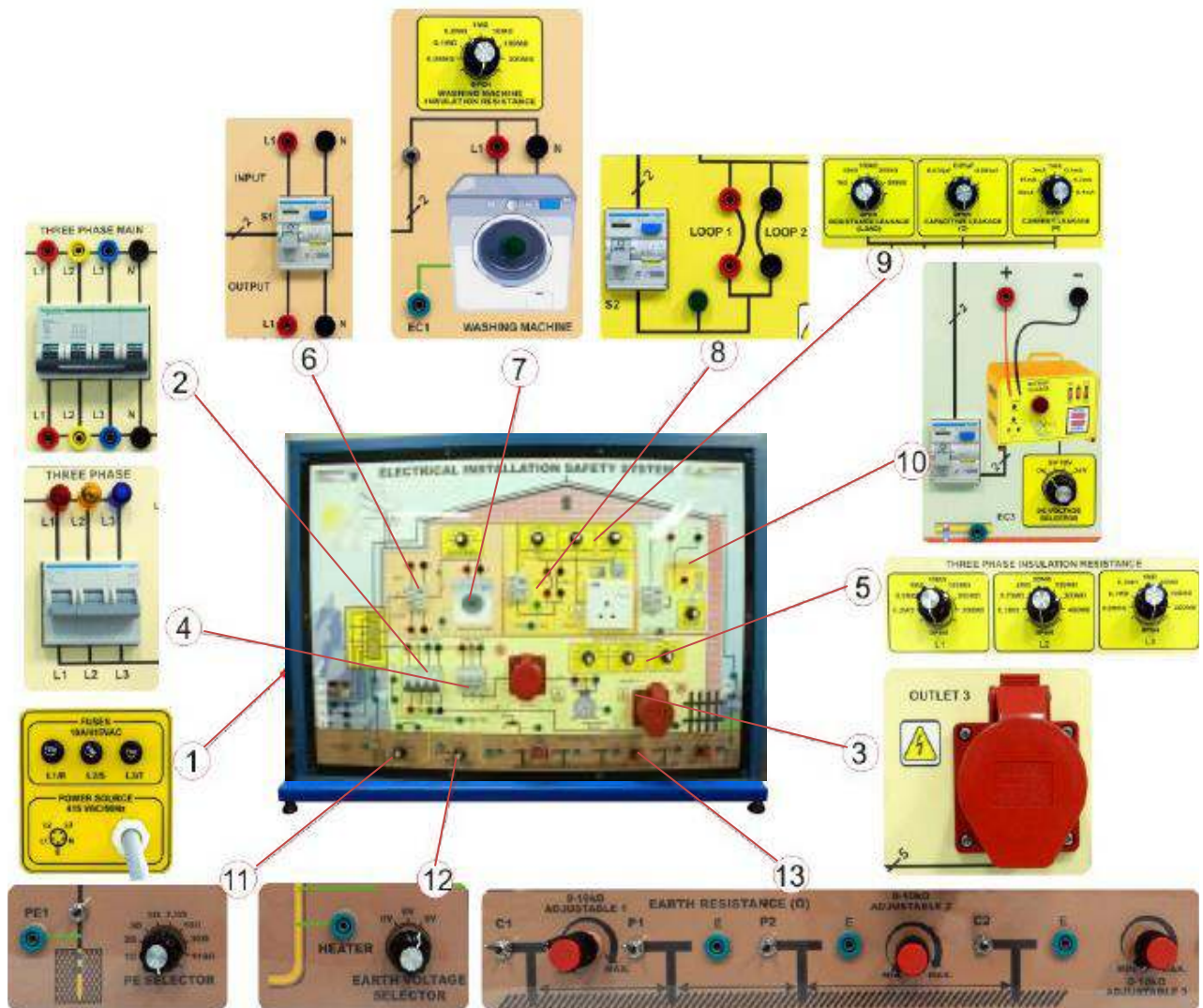


Gambar 12.2. Electrical Instalation Safety System

Alat tersebut dinamakan Electrical Installation Safety System. Tujuan dari pembelajaran dengan menggunakan media ini adalah untuk memberikan pelatihan secara praktik dalam aspek instalasi listrik, praktik keselamatan dan metode

pengukuran. Trainer tersebut dibuat dengan maksud untuk memberikan pelatihan dalam simulasi pengukuran pada instalasi listrik, simulasi kesalahan pada instalasi listrik, demonstrasi pengukuran secara nyata, seiring dengan penggunaan instrumennya.

Bagian-bagian yang disajikan dalam media ini berupa aspek pada proteksi bahaya petir, grounding, tahanan instalasi, rangkaian satu fase dan tiga fase, dan pengujian arus bocor dengan rangkaian berbeban untuk satu fase dan tiga fase. Bagian-bagian pada trainer ini dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 12.3. Media Aspek Pada Proteksi Bahaya Petir, Grounding, Tahanan Instalasi, Rangkaian Dan Pengujian Arus Bocor Dengan Rangkaian Berbeban Untuk Satu Fase Dan Tiga Fase

Penjelasan dari bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut :

1	Input tegangan tiga fase dengan sekering L1, L2 dan L3 yang digunakan untuk proteksi arus lebih pada rangkaian.
2	Circuit breaker tiga fase empat saluran digunakan untuk memproteksi outlet socket 3 dari gangguan arus lebih dan hubung singkat.
3	Outlet socket 3 adalah socket tiga fase saluran industri dengan kemampuan 16 A, 5 pin digunakan untuk men-suplay beban tiga fase seperti motor, compressor dan sejenisnya.
4	Circuit breaker tiga fase empat saluran digunakan untuk memproteksi outlet socket 2 dari gangguan arus lebih dan hubung singkat.
5	Motor tiga fase (L1, L2, L3) dengan resistansi isolasi digunakan untuk simulasi pengukuran resistansi isolasi pada kumparan motor tiga fase.
6	ELCB tiga fase digunakan untuk memproteksi mesin cuci dari arus bocor.
7	Pengujian resistansi isolasi pada mesin cuci digunakan untuk simulasi pengukuran resistansi isolasi pada kumparan mesin cuci.
8	ELCB satu fase dan pengujian arus bocor. ELCB digunakan untuk memproteksi outlet socket 1 dari arus bocor. Pengujian arus bocor digunakan untuk menempatkan clamp meter untuk mengukur arus bocor.
9	Arus bocor dan pengujiannya digunakan untuk simulasi arus bocor, tahanan bocor dan kebocoran kapasitansi.
10	Pengujian tegangan baterai digunakan untuk simulasi pengukuran pada tegangan baterai.
11	Selector PE untuk resistansi ground digunakan untuk simulasi resistansi pada resistansi ground PE dari 1 Ω , 2 Ω , 3 Ω , 5 Ω , 7.5 Ω , 10 Ω , 30 Ω , dan 110 Ω .
12	Selector tegangan pentanahan digunakan untuk simulasi tegangan pentanahan dari 0.6 sampai 9 VAC.
13	Kutub pentanahan (P1, C1, P1, C2) dan simulasi resistansi pentanahan dengan nilai yang dapat diubah-ubah digunakan untuk simulasi metode empat kutub, tiga kutub dan pengukuran resistansi pentanahan.

2. Jenis Percobaan

Percobaan yang dapat dilakukan melalui media ini adalah sebagai berikut :

PERCOBAAN	TUJUAN	MATERI DISKUSI
A. Prinsip Kerja dan Pengukuran pada Tegangan AC Satu Fase, Tiga Fase Tiga Kabel, dan Tiga Fase Empat Kabel	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan untuk: a. Memahami nilai level tegangan dalam system instalasi listrik b. Menjelaskan prinsip kerja dan pengukuran tegangan ac satu fase, tiga fase tiga kabel dan tiga fase empat kabel.	a. Jenis dan Sumber Supply b. Pengukuran tegangan satu fase dan tiga fase
B. Prinsip Kerja dan Pengukuran pada Trgangan DC dan Tegangan Baterai	Setelah melakukan percobaan, anda diharapkan untuk dapat menjelaskan prinsip kerja dan melakukan pengukuran tegangan DC dan tegangan baterai.	a. Jenis dan Sumber Supply b. Pengukuran Tegangan DC
C. Pengujian Rotasi pada Fase R,S dan T	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan untuk : a. Memahami prinsip kerja converter satu fase dan tiga fase. b. Melakukan pengujian rotasi fase r.s.T	Rotasi Fase R.S.T
D. Pengukuran Tegangan Live-Line	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan dapat melakukan pengukuran tegangan live-line	Pengukuran tegangan saat power terhucung dengan rangkaian

E. Pengukuran Sambungan Kabel	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan untuk dapat melakukan pengukuran pada sambungan kabel untuk dapat melakukan troubleshooting dalam instalasi listrik.	Penggunaan alat ukur untuk memeriksa sambungan kabel
F. Pengukuran Empat, Tiga dan Dua Kabel Pentanahan	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan untuk dapat mengukur tahanan/resistansi pentanahan dengan menggunakan metode empat, tiga dan dua kabel.	Prosedur pengujian resistivitas tanah.
G. Pengukuran Tegangan Pentanahan dan Efek Tegangan Pentanahan saat Mengukur Resistansi Pentanahan	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan dapat mengukur tegangan pentanahan dan efeknya dalam pengukuran resistansi pentanahan	Tegangan pentanahan
H. Pengukuran Resistansi Isolasi	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan dapat mengukur resistansi isolasi pada kumparan motor	a. Pemilihan pengujian tegangan b. Pengujian resistansi seketika c. Pengujian step tegangan
I. Pengukuran Arus Beban	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan dapat mengukur arus beban saat starting dan running	Pengukuran arus beban
J. Pengujian Rangkaian Kebocoran Pentanahan dan Pengukuran Arus Bocor	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan dapat : a. memahami fungsi dan prinsip kerja dari ELCB b. memilih ELCB berdasarkan persyaratan instalasi c. menguji fungsi ELCB d. mengukur arus bocor dalam rangkaian	a. Prinsip kerja ELCB b. Persyaratan sensitifitas ELCB c. ELCB dan Impedansi Loop Pentanahan (Z_s) d. ELCB tripping karena Kapasitansi pada Kebocoran Pentanahan
K. Simulasi Kesalahan dan Troubleshooting	Setelah selesai melakukan percobaan, anda diharapkan dapat melakukan simulasi troubleshooting pada rangkaian listrik	a. Jenis kesalahan yang dapat terjadi dalam rangkaian listrik b. Proteksi Rangkaian

3. Metode Pembelajaran

Metode yang digunakan dalam penyampaian materi diklat adalah Problem Based Learning (PBL). Problem Based Learning (PBL) adalah pedagogi yang berpusat pada siswa/mahasiswa di mana siswa/mahasiswa belajar tentang materi kuliah melalui pengalaman pemecahan masalah.

Boud dan Felletti (1991, dalam Saptono, 2003) menyatakan bahwa “*Problem Based Learning is a way of constructing and teaching course using problem as a stimulus and focus on student activity*”. H.S. Barrows (1982) menyatakan bahwa PBM adalah sebuah metode pembelajaran yang didasarkan pada prinsip bahwa masalah (problem) dapat digunakan sebagai titik awal untuk mendapatkan atau mengintegrasikan ilmu (knowledge) baru.

Peserta pelatihan tidak lagi diberikan materi belajar secara satu arah seperti pada metode pembelajaran konvensional. Dengan metode ini, diharapkan peserta diklat dapat mengembangkan pengetahuan mereka secara mandiri. PBL juga memberi kesempatan peserta diklat untuk mempelajari teori melalui praktek. Peserta diklat bukan hanya perlu mencari konklusi tetapi juga perlu menganalisis data.

PBM adalah proses pembelajaran yang titik awal pembelajaran berdasarkan masalah dalam kehidupan nyata lalu dari masalah ini mahasiswa dirangsang untuk mempelajari masalah berdasarkan pengetahuan dan pengalaman yang telah mereka punyai sebelumnya (prior knowledge) sehingga dari prior knowledge ini akan terbentuk pengetahuan dan pengalaman baru. Diskusi dengan menggunakan kelompok kecil merupakan poin utama dalam penerapan PBL.

Dalam PBL, pengajar dan mahasiswa bersama-sama mengintegrasikan berbagai konsep dan keterampilan-keterampilan dari satu atau lebih bidang ilmu untuk menyelesaikan suatu masalah (Jones, Rasmussen, & Moffitt, 1997). Dalam metode ini, pengajar bertindak sebagai mentor, yang akan mendampingi mahasiswa untuk menyelesaikan suatu masalah. Pengajar tidak lagi banyak berperan sebagai pemberi informasi, sementara mahasiswa bertindak sebagai penerima informasi tunggal.

Prinsip dalam PBL adalah berpusat pada mahasiswa (student centered), berbeda dengan metode tradisional yang lebih berorientasi pada pengajar (teacher-centered), di mana mahasiswa lebih banyak mendengarkan uraian materi dari pengajar. Dalam PBL, problem-lah yang mendorong kegiatan belajar. Sebelum belajar beberapa pengetahuan, mahasiswa diberi problem untuk dicari pemecahannya. Dalam hal ini, belajar dipahami sebagai hasil dan proses bekerja ke arah memahami atau memecahkan problem. Jadi, menurut Ross mahasiswa sendiri yang mengidentifikasi dan mencari pengetahuan yang perlu dimiliki untuk memecahkan problem (Supratiknya, 2001)

Penerapan problem base learning (PBL) dalam pelaksanaan diklat Keselamatan dan Kesehatan kerja terutama dalam penggunaan trainer Electrical Installation Safety System adalah dengan memberikan problem terlebih dahulu kemudian mahasiswa/ peserta diklat diminta untuk menyelesaikan problem tersebut berdasarkan pengetahuan yang mereka miliki dan mempraktikkannya dengan menggunakan trainer yang telah disediakan, sehingga mahasiswa mendapatkan data dari percobaan yang telah dikerjakan, kemudian mahasiswa menganalisa data yang diperoleh berdasarkan teori yang telah mereka miliki selanjutnya dibuat suatu kesimpulan yang dapat digeneralisasikan. Data yang dicari disusun berdasarkan tabel yang telah disusun dalam suatu modul. Cara melaksanakan percobaan/ujicoba disusun dalam suatu urutan berdasarkan manual penggunaan alat dan modul yang telah disediakan.

Kegagalan (risk off failures) dapat terjadi kapan saja dan dimana saja, setiap proses kegiatan sehingga dapat mengakibatkan kecelakaan kerja. Kegagalan dapat mengakibatkan kerugian (loss) apapun bentuknya. Penyebab kecelakaan di tempat kerja biasanya diakibatkan oleh kelelahan (fatigue), kondisi kerja dan pekerjaan yang tidak aman (unsafe working condition), kurangnya penguasaan terhadap pekerjaan, kurangnya penjelasan/ training sebelum memulai pekerjaan, serta karakteristik dari pekerjaan.

4. Manfaat pendidikan dan pelatihan K3 bagi pekerja:

- a. Pekerja diharapkan akan memiliki pengetahuan dan kemampuan untuk memahami peraturan dan standar K3.
- b. Pekerja memiliki pengetahuan tentang prinsip dan konsep dasar K3.
- c. Pekerja memiliki pengetahuan tentang sistem manajemen K3 dan fungsi P2K3.
- d. Pekerja memiliki pengetahuan dan mampu melakukan identifikasi bahaya ditempat kerja.
- e. Pekerja memiliki pengetahuan tentang penyakit akibat kerja (PAK) dan penyebab terjadinya kecelakaan kerja.
- f. Pekerja mampu mengembangkan sistem kontrol kerja dan manajemen pencegahan kecelakaan di area kerja.
- g. Pekerja mampu meletakkan fondasi SMK3 di perusahaan dan memberikan training bagi pekerja lain.

Menyadari pentingnya aspek Keselamatan dan Kesehatan kerja, seharusnya perusahaan memiliki bagian khusus yang berfungsi menangani masalah keselamatan kerja. Tugas dan lingkup kerjanya dimulai dari menyusun program, membuat prosedur dan melakukan pengawasan, serta membuat laporan pengawasan di lapangan. Informasi yang akurat dan tepat waktu diperlukan untuk mendukung proses perencanaan dan penentuan langkah kebijakan selanjutnya bagi pengembangan program yang efektif dan efisien

Pendidikan dan pelatihan K3 sangat diperlukan bagi pekerja, karena merupakan salah satu cara untuk menjamin kompetensi pekerja yang dibutuhkan demi tercapainya tujuan Keselamatan dan Kesehatan kerja. Pendidikan dan pelatihan (Diklat) juga disebutkan dalam lampiran I Peraturan Menteri Tenaga Kerja (Per.05/Men/1996) mengenai pelatihan dan kompetensi kerja. OHSAS 18001 juga mensyaratkan setiap pekerja harus memiliki kompetensi untuk melaksanakan tugas-tugas yang berdampak terhadap K3. Kompetensi tersebut harus ditetapkan dalam pendidikan yang sesuai melalui pelatihan maupun pengalaman kerja.

Diklat K3 merupakan suatu program yang sangat penting dalam mencegah terjadinya kecelakaan kerja yang disebabkan adanya perilaku yang tidak aman dari pekerja. Perilaku tidak aman yang ditimbulkan pekerja misalnya: pekerja tidak memperoleh instruksi kerja secara spesifik, adanya kesalahan dalam instruksi kerja, pekerja tidak mengetahui instruksi kerja, pekerja menganggap tidak penting adanya instruksi kerja serta mengabaikan adanya instruksi kerja. Diklat K3 dilakukan untuk memberikan pengarahan kepada pekerja untuk memahami setiap instruksi kerja secara baik serta bahaya yang terjadi apabila melakukan pekerjaan tidak sesuai dengan instruksi kerja.



Gambar 12.4. Pelatihan K3 Pekerja Proyek

Pekerja baru harus mendapat diklat sebelum melaksanakan tugasnya. Materi Diklat yang diberikan harus sesuai dengan kebutuhan masing-masing pekerja. Dalam pelaksanaan diklat diperlukan tolak ukur sebagai umpan balik dari penyampaian materi dengan membuat evaluasi hasil penguasaan tugas dan tanggung jawab yang diberikan. Diklat tidak hanya dilakukan kepada pekerja baru, tetapi pekerja lama juga harus diberi penyegaran. Pihak manajemen perusahaan harus membuat agenda program tahunan pelaksanaan diklat dengan materi baru maupun materi lama sebagai penyegaran.

Diklat yang diberikan meliputi pengetahuan, keahlian untuk meningkatkan kompetensi dasar, serta kompetensi K3. Kompetensi dasar merupakan kompetensi minimum yang harus dimiliki pekerja untuk menjalankan tugas pokok yang dibebankan, sedangkan kompetensi K3 merupakan kompetensi pendukung dalam melakukan pekerjaan secara aman, sehat dan nyaman.

Secara garis besar, diklat K3 yang diperlukan meliputi (National Safety Council, 1985):

- a. **Diklat untuk karyawan baru**, meliputi: peraturan umum perusahaan, profil perusahaan, peraturan K3 secara umum, kebijakan K3, program pencegahan kecelakaan, instruksi kerja yang dibutuhkan, bahaya tempat kerja, alat pelindung diri.
- b. **Job Safety Analysis (JSA)**, meliputi: pemahaman terhadap JSA, proses JSA.
- c. **Job Instruction Training (JIT)**, merupakan training yang spesifik untuk menjelaskan standar prosedur kerja di area kerja masing-masing, misalnya: prosedur kalibrasi, prosedur pembuatan produk, prosedur pembersihan.



Gambar 12.5. Safety Training

- d. **Other method instruction**, merupakan training untuk trainer, yaitu menjelaskan bagaimana mempersiapkan dan melakukan program training secara baik.

Bahaya akibat listrik dan mekanikal sangat mungkin terjadi dimanapun dan kapanpun. Pekerja sebaiknya diberikan bekal pengetahuan yang cukup sehingga dapat mencegah dan terhindar dari kerugian-kerugian besar dan kejadian fatal. Standar OHSAS mengenai bahaya listrik dan mekanikal mewajibkan perusahaan memberikan pendidikan dan pelatihan mengenai “**electrical and mechanical safety**”. Materi yang disampaikan harus disesuaikan dengan kebutuhan area kerja, tanggung jawab, tingkatan serta jabatan pekerja.

Sebagai contoh isi materi diklat di bidang elektrikal dan mekanikal meliputi: konsep dasar K3, identifikasi bahaya (hazard), bahaya elektrik dan mekanik, LOTO (Lock Out Tag Out), klasifikasi area berbahaya, grounding, bounding and lightning, peralatan-peralatan yang aman, penilaian resiko bahaya, program-program K3, studi kasus mengenai kecelakaan kerja dan penanggulangannya.



Gambar 12.6. Simulasi Penanganan Kebakaran

I. Pendekatan Teori Manajemen Pendidikan dan Pelatihan

Menurut Robert L. Craig manusia memiliki pengetahuan pada awal jaman prasejarah.

“It is generally thought that human began amassing knowledge at the beginning of the stone age. As they invented tools, weapons, clothing, shelter, and language, the need for training became an essential ingredient in the march of civilization.”

Manusia mulai memiliki pengetahuan pada awal jaman batu ketika mereka menemukan perkakas, senjata, pakaian, tempat perlindungan dan bahasa. Kebutuhan akan pelatihan menjadi suatu ramuan penting di dalam gerakan peradaban. Pada jaman itu ilmu pengetahuan mulai berkembang. Perkembangan tersebut turun menurun kepada generasi selanjutnya hingga saat ini. Bagaimana cara menggunakan perkakas, senjata, bagaimana cara berpakaian, cara melindungi diri serta cara berkomunikasi dengan sesama. Ilmu pengetahuan selalu berkembang dari jaman kejaman.

“History tells us that the fastest form of long-distance transportation in the year 6000 B.C was the camel caravan, which traveled at an average speed of about 8 miles per hour. It was not until the chariot was invented about 1600 B.C. that the average speed of long-distance transportation was increased to about 20 miles per hour (Robert L Craig. 1987).”

Hal tersebut membuktikan adanya perkembangan ilmu pengetahuan berdasarkan pelatihan yang ada, sebelumnya kendaraan tercepat adalah unta dengan waktu tempuh 8 mil perjam, dengan berkembangnya ilmu pengetahuan ditemukan kereta perang dengan kecepatan 20 mil perjam. Berkembangnya pelatihan tidak semata didapatkan secara cepat, namun diperoleh melalui tahapan-tahapan pembelajaran sesuai dengan teori Robert W Lucas (2003).

“For learning to truly occur, a phased process is often helpful. The process that follows moves through five stages or phases. In it, participants are alerted to the learning experience in which they are about to take part. They are then led along a preplanned path for transferring knowledge, skill, or attitude back to the workplace or other venue.”

Belajar dengan sungguh-sungguh sangat menolong dalam kegiatan pembelajaran. Proses yang harus dilalui terdiri dari lima tahapan sehingga ilmu dapat berpindah atau di kirim. Baik pengetahuan, kemampuan maupun sikap. Kelima tahapan tersebut terdiri dari persiapan untuk belajar, pembelajaran dengan simulasi, pengembangan/perluasan, penghafalan, serta implementasi dari pembelajaran. Pelatihan dan pengembangan perlu memperhatikan kemampuan yang dimiliki seseorang, karena kemampuan yang dimiliki orang yang satu dengan yang lain berbeda-beda. Multiple intelligence yang dimiliki oleh seseorang terdiri dari naturalist, linguistic, logical-mathematical, musical, interpersonal, intrapersonal (Robert W Lucas. 2003)

a. Organisasi dan manajemen fungsi latihan

Banyak pepatah mengatakan bahwa orang adalah kunci sukses operasi bisnis. Namun ini adalah perkataan semata, tidak ada perusahaan milik seseorang yang dapat sukses tanpa kemampuan yang lebih baik dan pengetahuan sumber daya manusia. Semua organisasi baik formal maupun non formal, harus melakukan pelatihan dan pengembangan terhadap semua anggotanya secara terus menerus. Dilakukan dengan tujuan menghindari keusangan dan kegagalan dikemudian hari. Menurut Robert L. Craig (1987) pertimbangan-pertimbangan yang dimiliki seorang pemimpin antara lain sebagai berikut.

1) Mengumpulkan data yang relevan

Mengumpulkan dan menginterpretasikan variasi data yang memberikan dampak training fungsi adalah langkah kritis dalam segala proses. Menurut dua pandangan yang terpenting adalah analisis secara teliti, antara lain:

- a) Data yang obyektif adalah cara untuk mengenali tugas dan menolak obyektif dari training fungsi dan perubahan fokus dari reaktif ke proaktif satu,
- b) Tindakan mengumpulkan dan mempresentasikan data – kapan mereka menyangkutkan banyak garis dan staff manajer dari seluruh bisnis – satu hal yang sangat kuat perkakas pemasaran dapat menjual sehingga menghasilkan datangnya pengembang dari data tersebut.

Mengumpulkan dan menganalisis data yang relevan dilakukan dengan baik, kebijakan struktur organisasi dari training function baik menjadi jelas – hampir tidak sama penting dengan – hasil identifikasi training function apa yang dapat dikonstrubisikan kepada bisnis. Mengumpulkan data selalu menggunakan dua bentuk: interview dan dokumentasi tertulis.

2) Menentukan tujuan

Menentukan tujuan fungsi latihan perlu suatu pertanyaan yang harus dijawab, seperti berikut ini.

- a) Pelatihan dan pendidikan seperti apa yang ada saat ini? Mengapa?
- b) Apa yang sebaiknya ada? Jangka pendek? Jangka panjang?

Menjawab pertanyaan tersebut bukanlah suatu analisis yang terperinci namun sebagai patokan untuk mencari gambaran misi yang spesifik, sasaran, pelanggan dan hubungan staf fungsi latihan tersebut. Hal tersebut menjadi dasar berbagai alternatif untuk mengorganisir fungsi sehingga dapat diselidiki.

3) Mempertimbangkan Strategi Alternatif

Masing-masing strategi perlu meliputi pertimbangan dari seluruh sumber daya yang tersedia itu akan menjadi hal yang diperlukan untuk meyakinkan prestasi dari misi dan penolakan sasaran. Strategi untuk menunjuk kebutuhan dari kelompok yang berbeda terfokus pada:

- a) Penggunaan nasional, kursus secara internal mungkin dikembangkan kapan saja,
- b) Kepercayaan pada belajar mandiri buku catatan dan slide atau tape untuk pengetahuan,
- c) Kepercayaan pada sesi kelas (ceramah dan diskusi dan praktik) untuk ketrampilan penjualan,
- d) Penggunaan bidang manajer penjualan sebagai instruksi kelas untuk kursus ketrampilan penjualan,
- e) Penggunaan pelatih penjualan untuk kebutuhan identifikasi, design, pengembangan dan evaluasi,
- f) Tidak menggunakan para penyalur dan pengembang dari luar,
- g) Penggunaan area manajer penjualan sebagai tenaga ahli pokok.

Sebaliknya, data mungkin menandai adanya suatu strategi yang berbeda, antara lain:

- a) Penggunaan wajib memilih kursus nasional saja,
- b) Kepercayaan pada latihan kerja untuk produk pengetahuan,

- c) Kepercayaan pada pelatihan pekerjaan untuk yang menjual keterampilan,
- d) Kepercayaan pada sesi kelas dari kembangkan kemampuan pelatihan pada bidang manajer penjualan,
- e) Penggunaan pelatih penjualan untuk kebutuhan identifikasi, design, implementasi pengembangan dan evaluasi,
- f) Penggunaan para penyalur dan pengembang dari luar yang terpilih,
- g) Penggunaan tenaga ahli dari luar untuk isi kursus.

Anggaran pelatihan untuk kompensasi staf pelatihan, riset, materi produk, konsultan, dan biaya administrasi kursus yang terkait (perjalanan, penginapan, makanan dan lain-lain) (Robert L. Craig.1987).

b. Arsip dan Sistem Informasi

Arsip dan sistem informasi yang ada harus jelas dan tertata dengan baik, jika seorang calon peserta didik ingin mengikuti pelatihan maka mereka dapat mengetahui informasi yang ada baik melalui brosur maupun sistem informasi dari internet.

c. Media dan Metode

Umumnya orang percaya bahwa pengalaman merupakan faktor yang sangat penting dalam pembelajaran. Pada tahap ini maka diperlukan kegiatan luar lapangan sehingga akan lebih banyak lagi pengalaman yang diperoleh. Namun pada kenyataannya beberapa orang tidak cerdas untuk belajar dari pengalaman.

Apabila manajer pelatihan ataupun pembelajar menyadari cara belajar yang terbaik, mereka sudah bisa mengantisipasi kesulitan yang akan dihadapi dalam suatu proses pembelajaran. Mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan dari masing-masing metode pembelajaran akan membantu dalam menemukan metode yang paling tepat untuk mendapatkan hasil yang maksimum dalam kegiatan pelatihan tersebut.

Macam-macam media dan metode yang ada terdiri dari : latihan kerja, instruksi kelas, meeting-konferensi-workshop-seminar, metode kasus, memainkan peran, pembentukan tim, permainan dan simulasi, komputer-pelatihan dasar, serta instruksi diri (Eddie Davies. 2005).

J. Sistem Manajemen Pendidikan dan Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) secara normatif seperti yang tertulis dalam PER.05/MEN/1996 pasal 1 merupakan bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan, yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggungjawab, pelaksanaan, prosedur, proses dan sumberdaya yang dibutuhkan untuk pengembangan, penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan K3 dalam rangka pengendalian resiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja sehingga tercipta tempat kerja yang aman, efisien dan produktif.

K3 di suatu perusahaan bukan hanya tanggung jawab pemerintah, masyarakat, pasar atau dunia internasional tetapi juga merupakan tanggung jawab pimpinan. Pimpinan bertanggung jawab menyediakan tempat kerja yang aman serta memberikan pendidikan dan pelatihan mengenai K3 kepada pekerja. Pelatihan merupakan suatu proses membantu pekerja untuk memperoleh efektifitas dalam melakukan pekerjaan melalui pengembangan kebiasaan pikiran, tindakan, kecakapan, pengetahuan dan sikap yang layak.

Peningkatan kualitas sumber daya manusia merupakan langkah penting dalam meningkatkan kemampuan dan prestasi pekerja. Usaha peningkatan tersebut dapat dilakukan dengan kegiatan pelatihan. Pelatihan merupakan salah satu usaha untuk menjamin kompetisi kerja. Program pelatihan merupakan suatu keharusan yang wajib dilaksanakan setiap perusahaan untuk menjamin hasil kinerja yang maksimal.

Pelatihan K3 merupakan pelatihan yang diselenggarakan dan diarahkan untuk membekali, meningkatkan dan mengembangkan kemampuan, produktivitas dan kesejahteraan pekerja. Kebutuhan pelatihan setiap perusahaan berbeda-beda sesuai sifat bahaya, skala kegiatan dan kondisi pekerja. Pendidikan digunakan untuk menambah ketrampilan kognitif dan kemampuan seseorang. Pendidikan mengajarkan bagaimana berpikir, sedangkan pelatihan memperbaiki perilaku.



Gambar 12.7. Standar Pendidikan dan Pelatihan K3

Efektifitas Diklat K3 sangat bergantung kepada komitmen dan keterlibatan semua komponen perusahaan sehingga akan meningkatkan produktivitas kerja. Kegiatan yang melibatkan pekerja antara lain: (Nasution, 2005)

1. Kegiatan pemeriksaan bahan berbahaya dan beracun (B3) dan mengusulkan rekomendasi perbaikan.
2. Mengembangkan atau memperbaiki aturan keselamatan kerja di perusahaan.
3. Melakukan pelatihan terhadap tenaga kerja baru.
4. Membantu proses analisis penyebab kecelakaan kerja.

Unsur-unsur manajemen diklat K3 yang terpenting adalah pernyataan dan kebijakan perusahaan, organisasi dan personil, menjaga kondisi kerja untuk memenuhi syarat-syarat keselamatan, membuat laporan dan analisis penyebab kecelakaan, serta menyediakan fasilitas pertolongan pertama pada kecelakaan (P3K). Menurut AOMA (**American Occupational Medical Assosiation**) membagi komponen penting dari program diklat K3 yang meliputi:

1. Komponen Pokok

a. Pemeriksaan kesehatan pekerja

- 1) Pre-placement yaitu pemeriksaan kesehatan termasuk penilaian emosional setiap individu untuk memberikan rekomendasi kepada manajemen mengenai kemampuan seseorang melakukan suatu pekerjaan secara aman tanpa membahayakan dirinya maupun orang lain. Rekomendasi yang diberikan meliputi: riwayat kesehatan, riwayat pekerjaan, penilaian terhadap fisik dan organ tubuh, evaluasi dari pekerjaan sebelumnya.
- 2) Pemeriksaan kesehatan berkala yang bertujuan untuk mengetahui status kesehatan pekerja sehingga dapat cepat diatasi dan tidak berdampak terhadap pekerjaan.

- 3) Pemeriksaan kesehatan setelah pekerja menderita sakit atau kecelakaan.
 - 4) Pemeriksaan kesehatan ketika pensiun atau berhenti bekerja untuk mengetahui apakah terjadi gangguan kesehatan akibat kerja.
- b. Diagnosa dan pengobatan atau kecelakaan akibat kerja, termasuk rehabilitasinya.
 - c. Pengobatan darurat dan pengobatan kecelakaan yang terjadi bukan akibat kerja.
 - d. Pendidikan terhadap pekerja mengenai potensial occupational/hazard, pengetahuan bahaya terhadap kesehatan, serta tindakan pencegahan.
 - e. Penentuan perlunya alat perlindungan diri (APD) dan pengadaannya.



Gambar 12.8. Poster Komponen APD

- f. Inspeksi berkala dan evaluasi tentang lingkungan kerja untuk mengetahui apakah terjadi kemungkinan berbahaya terhadap kesehatan serta pencegahannya.
- g. Pemeriksaan penggunaan bahan kimia yang belum mendapat pemeriksaan secara toksikologis.
- h. Studi epidemiologik untuk mengevaluasi dampak lingkungan kerja.
- i. Pemeriksaan occupational health records.
- j. Imunisasi terhadap infeksi penyakit.
- k. Berperan dalam penentuan dan evaluasi asuransi pekerja.
- l. Berperan dalam program peraturan yang berhubungan dengan kesehatan pekerja.
- m. Mengevaluasi secara periodik efektivitas program kesehatan kerja yang telah berlangsung.

2. Komponen Pilihan

- a. Penyediaan tempat pengobatan (klinik) untuk hal-hal yang bersifat minor dan non occupational.
- b. Penyediaan pengobatan berulang dan kondisi non occupational yang diberikan oleh dokter pribadi seperti fisioterapis, suntikan rutin sehingga dapat mencegah hilangnya waktu kerja dan menurunkan biaya.
- c. Program bantuan kepada pekerja untuk membantu memecahkan masalah yang dapat mengganggu kesehatan/ kesejahteraan pekerja.
- d. Pendidikan kesehatan dan konsultasi.
- e. Bantuan kepada pimpinan dalam mengontrol absen kerja.
- f. Program keadaan darurat di tempat kerja.

Pengembangan Diklat K3 (John Cadick, 2006) yang baik dan efektif dilakukan melalui beberapa tahapan, antara lain:

1. Analisis jabatan dan pekerjaan

Melakukan identifikasi dan analisa semua jabatan dan pekerjaan yang terdapat di lingkungan perusahaan, kemudian dibuat daftar pekerjaan yang dilakukan.

2. Identifikasi pekerjaan atau tugas kritis

Melakukan identifikasi tentang pekerjaan yang berbahaya dan beresiko tinggi dari semua pekerjaan yang dilakukan.

3. Mengkaji data-data kecelakaan

Informasi kecelakaan yang pernah terjadi merupakan masukan penting dalam merancang pelatihan. Kecelakaan dapat terjadi karena adanya penyimpangan dan kelemahan dalam sistem manajemen serta kurangnya kompetensi dan kepedulian mengenai K3 sehingga diperlukan pembinaan dan pelatihan.

4. Survei kebutuhan pelatihan

Survei kebutuhan pelatihan dan jenis pelatihan diperlukan untuk meningkatkan ketrampilan pekerja, sehingga pekerja dapat melakukan pekerjaan dengan aman dan selamat.

5. Analisa kebutuhan pelatihan

Analisa kebutuhan pelatihan dilakukan untuk mengetahui potensi bahaya, jenis bahaya dan tingkat resiko dari setiap pekerjaan.

6. Menentukan sasaran dan target pelatihan

Pelatihan K3 diharapkan dapat memperbaiki atau meningkatkan pengetahuan, ketrampilan dan perilaku dari masing-masing pekerja. Sasaran dan target pelatihan harus ditetapkan dengan tepat sebagai masukan untuk merancang format dan silabus pelatihan.

7. Mengembangkan objektif pembelajaran

Pelatihan K3 harus menjangkau semua tingkat kalangan pekerja di perusahaan.

8. Melaksanakan pelatihan

Pelatihan dapat dilakukan secara eksternal melalui lembaga pelatihan atau secara internal yang dirancang sesuai dengan kebutuhan.

9. Melakukan evaluasi

Evaluasi pelatihan dilakukan terhadap seluruh aspek pelatihan seperti materi pelatihan dan dampaknya terhadap pekerja setelah kembali ke tempat kerja.

10. Melakukan perbaikan

Langkah perbaikan merupakan langkah terakhir yang dilakukan berdasarkan hasil evaluasi.

Teknik pelaksanaan Diklat K3 dilakukan dengan berbagai cara, antara lain:

1. Perkuliahan dan percakapan
2. Pemutaran video dan film
3. Peran yang langsung dimainkan oleh peserta pelatihan
4. Studi kasus

5. Diskusi kelompok
6. Latihan dan praktek di luar kelas
7. Pelatihan langsung di tempat kerja, (Ridley: 2008).

Ketentuan-ketentuan yang wajib dilaksanakan dalam penerapan SMK3 sesuai dengan PerMenaKer No 5 Tahun 1996 meliputi:

1. Menetapkan kebijakan K3 dan menjamin komitmen terhadap penerapan SMK3.
2. Merencanakan pemenuhan kebijakan, tujuan dan sasaran penerapan K3.
3. Menerapkan kebijakan K3 secara efektif dengan mengembangkan kemampuan dan mekanisme pendukung yang diperlukan untuk mencapai kebijakan, tujuan dan sasaran K3.
4. Mengukur, memantau dan mengevaluasi kinerja K3 serta melakukan tindakan perbaikan dan pencegahan.
5. Meninjau secara teratur dan meningkatkan pelaksanaan SMK3 secara berkesinambungan dengan tujuan meningkatkan kinerja K3.

Unsur-unsur manajemen diklat K3 terbagi menjadi 5 tahap, yaitu: analisis, perencanaan, implementasi, kegiatan dan evaluasi.

1. Analisis

Manajemen dapat diartikan sebagai kemampuan atau keterampilan untuk memperoleh suatu hasil dalam rangka pencapaian tujuan melalui kegiatan-kegiatan orang lain. Manajemen merupakan suatu proses pencapaian tujuan secara efisien dan efektif melalui pengarahan, penggerakan dan pengendalian kegiatan yang dilakukan sekelompok orang yang tergabung dalam suatu bentuk kerja sama.

Sistem manajemen K3 (SMK3) merupakan bagian dari sistem manajemen secara keseluruhan yang meliputi struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab pelaksanaan prosedur, proses dan sumber daya yang dibutuhkan bagi pengembangan penerapan, pencapaian, pengkajian dan pemeliharaan kebijakan K3 dalam rangka pengendalian resiko untuk mencapai kondisi lingkungan yang aman, efisien dan produktif.

Sistem manajemen Keselamatan dan Kesehatan tidak terlepas dari pembahasan manajemen secara keseluruhan. Manajemen merupakan suatu proses pencapaian tujuan secara efisien dan efektif, melalui pengarahan, penggerakan, dan pengendalian kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh orang-orang yang tergabung dalam suatu bentuk kerja. Sedangkan sistem manajemen merupakan rangkaian proses kegiatan manajemen yang teratur dan terintegrasi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

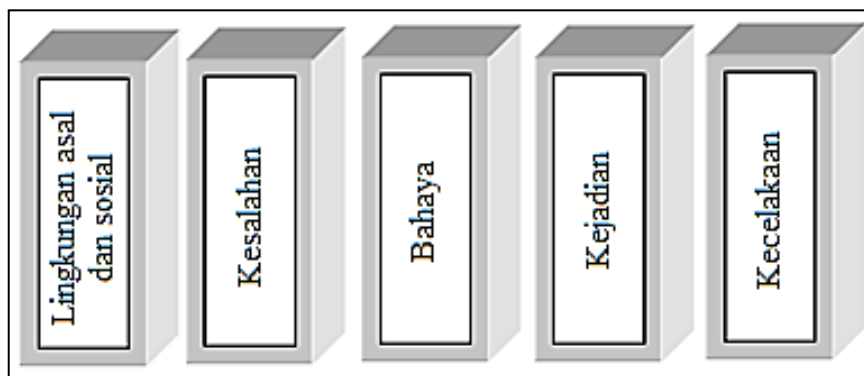
Masalah Keselamatan dan Kesehatan kerja akhir-akhir ini terus berkembang seiring dengan kemajuan sains dan teknologi dalam bidang industri atau pelayanan publik. Keadaan ini merubah pandangan masyarakat industri terhadap pentingnya penerapan K3 secara sungguh-sungguh dalam kegiatannya. Sebagai contoh Keselamatan dan Kesehatan kerja di laboratorium teknik gigi merupakan upaya untuk memberikan jaminan kesehatan dan meningkatkan derajat kesehatan para pegawai, mahasiswa dan dosen dengan cara pencegahan kecelakaan dan penyakit akibat kerja, pengendalian bahaya di tempat kerja, promosi kesehatan, pengobatan dan rehabilitasi.

Menurut Maimum (2004), kecelakaan kerja adalah kecelakaan yang berhubungan dengan hubungan kerja, termasuk penyakit yang timbul karena hubungan kerja, demikian pula kecelakaan yang terjadi dalam perjalanan berangkat dari rumah menuju tempat kerja dan pulang ke rumah melalui jalan yang biasa atau wajar dilalui.

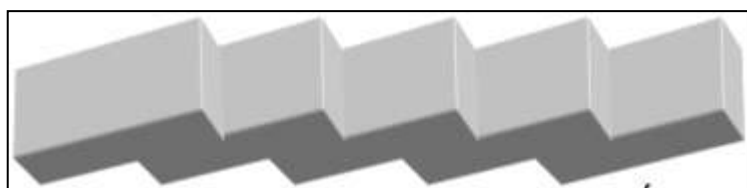
Undang-Undang Nomor 23 Tahun 1992 Pasal 23 tentang Kesehatan menyebutkan bahwa kesehatan kerja diselenggarakan untuk mewujudkan produktivitas kerja secara optimal, meliputi pelayanan kesehatan pencegahan penyakit akibat kerja. Pelaksanaan produktivitas kerja maksimum dibutuhkan faktor pendukung antara lain kesehatan pekerja. Adapun tujuan dari diselenggarakannya upaya kesehatan kerja dalam suatu industri antara lain:

- a. Melindungi tenaga kerja atas hak keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi dan produktivitas.
- b. Menjamin keselamatan setiap orang lain yang berada di tempat kerja.
- c. Memelihara dan mempergunakan sumber produksi secara aman dan efisien (Sama'mur, 1992).

Umumnya ada lima tahapan di dalam suatu kecelakaan yang dapat dilihat dari gambar berikut :

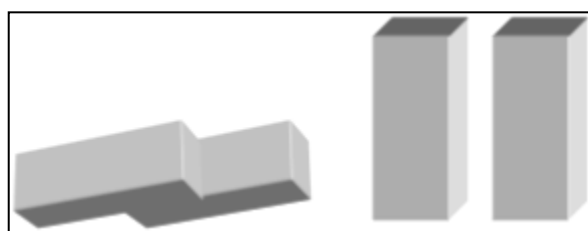


Gambar 12.9. Tahapan Dalam Suatu Kecelakaan



Gambar 12.10. Efek Domino

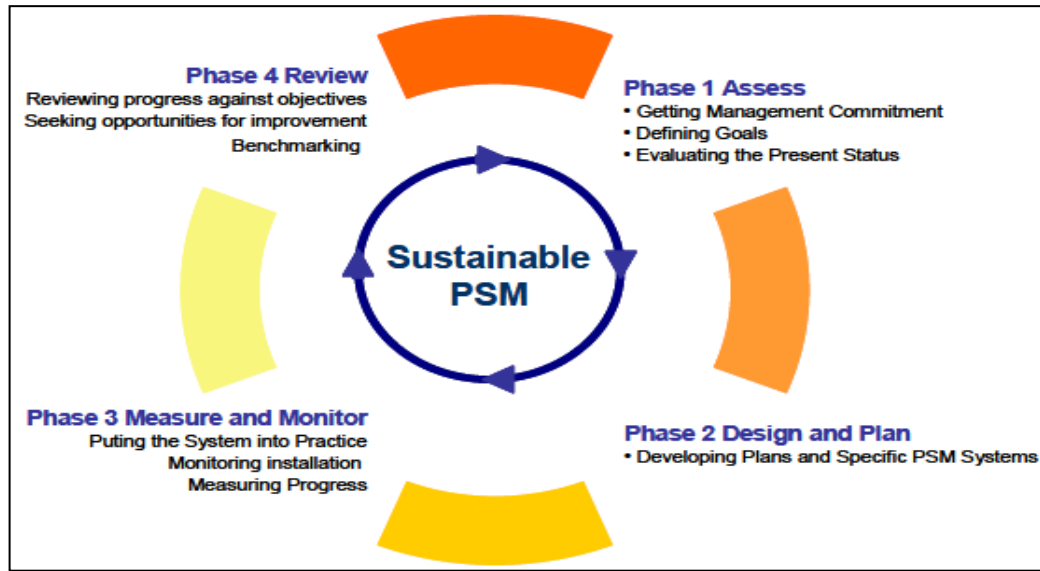
“Bahaya” merupakan faktor utama dalam tahapan kecelakaan, dengan menghilangkan faktor utama tersebut maka peristiwa sebelumnya menjadi tidak efektif.



Gambar 12.11. Menghilangkan Faktor Bahaya

Definisi internasional mengenai manajemen keamanan, yaitu berdasarkan CCPS AICHe, 1989: Rangkaian yang komprehensif dari kebijakan-kebijakan, prosedur-prosedur dan praktik-praktik yang dirancang untuk memastikan penghalang bagi terjadinya kecelakaan proses yang besar dimiliki, digunakan dan efektif. Berdasarkan OSHA, 1992:

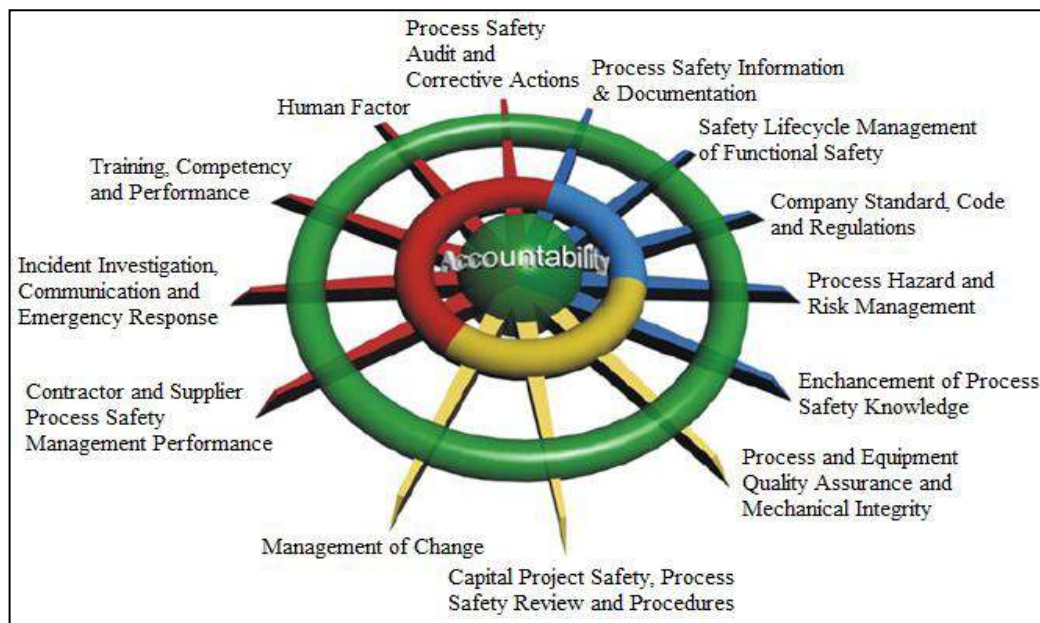
Pendekatan sistematis pada manajemen bahaya proses kimia, yang jika diterapkan, akan memastikan arti pentingnya pencegahan lepasnya zat kimia berbahaya yang katastrofik, kebakaran dan ledakan, berikut tindakan preventif dan lini perlindungan telah dipasang dan dirawat.



Gambar 12.12. Siklus Process Safety Management

2. Perencanaan

Berdasarkan PPIs (Positive Performance Indicators) dapat digambarkan model manajemen process safety sebagai berikut:



Gambar 12.13. Model Process Safety Management

Perencanaan meliputi:

- a. **Identifikasi sumber bahaya, penilaian dan pengendalian faktor resiko.** PSTKG harus melakukan kajian dan identifikasi sumber bahaya, penilaian serta pengendalian faktor resiko yang terjadi di laboratorium teknik gigi. Diantaranya adalah:
 - 1) Identifikasi sumber bahaya. Dilakukan dengan mempertimbangkan:
 - a) Kondisi dan kejadian yang dapat menimbulkan potensi bahaya.
 - b) Jenis kecelakaan dan penyakit akibat kerja (PAK) yang mungkin dapat terjadi.
 - 2) Penilaian faktor resiko. Penilaian faktor resiko adalah proses untuk menentukan ada tidaknya resiko dengan jalan melakukan penilaian bahaya potensial yang menimbulkan risiko keselamatan dan kesehatan kerja.
 - 3) Pengendalian faktor resiko, dilakukan melalui empat tingkatan pengendalian risiko yaitu menghilangkan bahaya, menggantikan sumber risiko dengan sarana atau peralatan lain yang tingkat risikonya lebih rendah atau tidak beresiko (engineering/rekayasa), administrasi dan alat pelindung diri (APD).
- b. **Membuat peraturan.** Perencanaan manajemen harus membuat, menetapkan dan melaksanakan standar operasional prosedur (SOP) sesuai dengan peraturan, perundangan dan ketentuan mengenai K3 lainnya yang berlaku. SOP ini harus dievaluasi, diperbaharui dan harus dikomunikasikan serta disosialisasikan pada karyawan dan pihak yang terkait.
- c. **Tujuan dan sasaran.** Perencanaan manajemen harus mempertimbangkan peraturan perundang-undangan, bahaya potensial, dan risiko K3 yang bisa diukur, satuan atau indikator pengukuran, sasaran pencapaian dan jangka waktu pencapaian.
- d. **Indikator kinerja.** Indikator harus dapat diukur sebagai dasar penilaian kinerja K3 yang sekaligus merupakan informasi mengenai keberhasilan pencapaian Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3).
- e. **Program kerja.** Perencanaan manajemen harus menetapkan dan melaksanakan program K3. Untuk mencapai sasaran harus ada monitoring, evaluasi dan dicatat serta dilaporkan. Adapun silabus pelatihan adalah sebagai berikut:

Tabel 12.1. Tabel Silabus Pelatihan

No	Materi
1	Peraturan Perundangan
2	Dasar-Dasar Keselamatan & Kesehatan Kerja Listrik
3	Dasar-Dasar Teknik Instalasi Listrik
4	Identifikasi Bahaya Listrik
5	Sistem Pengamanan
6	Persyaratan Instalasi Listrik Ruang Khusus
7	Sistem Proteksi
8	Klasifikasi Pembebanan
9	Pengukuran Listrik (Teori dan Praktek)
10	Pertolongan Pertama Kecelakaan Listrik

3. Implementasi

Keuntungan menerapkan Process Safety Management meliputi:

- a. Meningkatkan efisiensi yang muncul sebagai hasil konsolidasi bermacam aktivitas safety-related yang diskrit.
- b. Penghematan biaya dari kaji-ulang sistematis pada proyek baru dan identifikasi peningkatan safety pada awal proyek.
- c. Mengurangi waktu terhentinya proses dan biaya perawatan.
- d. Meningkatkan informasi pengoperasian.
- e. Meningkatkan kepuasan pelanggan sebagai hasil peningkatan kualitas.
- f. Meningkatkan prestise industry.
- g. Meningkatkan moral pegawai, mempermudah perekrutan dan pemberhentian.
- h. Meningkatkan hubungan kerja melalui pelibatan dalam process safety management.

Suatu perusahaan memiliki kewajiban-kewajiban di dalam manajemen keselamatan kerja, yaitu:

- a. **Safety Policy**, Kebijaksanaan umum suatu perusahaan di dalam hal keselamatan kerja.
- b. **Organisation/Management Commitment**, Merinci komitmen manajemen di setiap level dan dalam bentuk tindakan sehari-hari.
- c. **Accountability**, Mengindikasikan hal-hal yang dapat dilaksanakan oleh bawahan untuk menjamin keselamatan kerja.

Accountability dalam manajemen keselamatan kerja adalah suatu pengukuran yang aktif oleh manajemen untuk menjamin terpenuhinya suatu target keselamatan. Di dalam accountability ini tercakup dua hal, yaitu:

- a. **Responsibility** yaitu keharusan menanggung aktivitas dan akibat-akibatnya di dalam suatu keselamatan.
- b. **Authority** yaitu hak untuk memperbaiki, memerintahkan dan menentukan arahan dan tahapan suatu tindakan.



Gambar 12.14. Level Sistem Manajemen Keselamatan

Ruang lingkup Sistem Manajemen Keselamatan ialah mengurangi atau meminimalkan resiko-resiko yang menimpa karyawan dan pihak lain (kontraktor, pihak perusahaan dll) dalam melaksanakan dan meningkatkan kesadaran dan hasil dari pelaksanaan tersebut secara terus menerus (continual improvement), menjamin kesesuaian dengan kebijakan keselamatan, kesehatan dan lingkungan.

4. Kegiatan

Kegiatan Diklat K3 meliputi:

a. Komunikasi

Komunikasi dua arah yang efektif dan pelaporan rutin merupakan hal penting dalam penerapan SMK3. Penyediaan informasi yang sesuai bagi tenaga kerja dikomunikasikan kepada semua pihak dalam perusahaan.

b. Pelaporan

Prosedur pelaporan informasi yang terkait dan tepat waktu harus ditetapkan untuk menjamin bahwa SMK3 dipantau dan kinerjanya ditingkatkan.

c. Pendokumentasian

Pendokumentasian harus dibuat sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Pendokumentasian SMK3 sangat mendukung kesadaran tenaga kerja dalam rangka mencapai tujuan K3 dan evaluasi terhadap sistem dan kinerja di perusahaan.

d. Pengendalian dokumen

Perusahaan harus menjamin bahwa:

- 1) Dokumen dapat diidentifikasi sesuai dengan uraian tugas dan tanggung jawab di perusahaan
- 2) Dokumen ditinjau ulang secara berkala dan apabila diperlukan dapat dilakukan revisi
- 3) Sebelum diterbitkan, dokumen harus disetujui oleh semua pihak yang berwenang
- 4) Dokumen versi terbaru harus tersedia di tempat kerja
- 5) Seluruh dokumen yang telah usang/ tidak terpakai harus disingkirkan
- 6) Dokumen mudah ditemukan, bermanfaat dan mudah dipahami

e. Pencatatan dan manajemen informasi

Pencatatan setiap kejadian merupakan sarana bagi perusahaan untuk menunjang kesesuaian penerapan SMK3 di perusahaan.

Kegiatan lainnya yang menunjang manajemen K3 meliputi:

a. Identifikasi sumber bahaya

Identifikasi sumber bahaya dilakukan dengan mempertimbangkan:

- 1) Kondisi dan kejadian yang dapat menimbulkan potensi bahaya
- 2) Jenis kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang mungkin dapat terjadi

b. Penilaian resiko

Penilaian resiko merupakan proses untuk menentukan prioritas pengendalian terhadap tingkat resiko atau penyakit akibat kerja.

c. Tindakan pengendalian

Perusahaan harus merencanakan manajemen dan kegiatan pengendalian, produk dan jasa yang dapat menimbulkan resiko kecelakaan yang tinggi. Pendokumentasian dan penerapan kebijakan standar di tempat kerja, perancangan produksi dan bahan,

prosedur dan instruksi kerja untuk mengatur dan mengendalikan kegiatan produksi barang dan jasa. Pengendalian resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja dapat dilakukan melalui metode:

- 1) Pengendalian teknis/rekayasa yang meliputi eliminasi, substitusi, isolasi, ventilasi, higiene dan sanitasi.
- 2) Pendidikan dan pelatihan.
- 3) Pembangunan kesadaran dan motivasi yang meliputi sistem bonus, insentif, penghargaan dan motivasi diri.
- 4) Evaluasi melalui internal audit, penyelidikan insiden kecelakaan dan etiologi.
- 5) Penegakan hukum.

d. Perancangan (desain) dan rekayasa

Pengendalian resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja dalam proses rekayasa harus dimulai dari tahap perancangan. Tahapan siklus perancangan meliputi pengembangan, verifikasi tinjauan ulang, validasi dan penyesuaian harus dikaitkan dengan identifikasi sumber bahaya, prosedur penilaian dan pengendalian resiko kecelakaan dan penyakit akibat kerja.

e. Pengendalian administratif

Setiap personil harus dilatih supaya memiliki kompetensi dalam menjalankan prosedur kerja. Peninjauan ulang terhadap prosedur secara berkala wajib dilakukan terutama apabila terjadi perubahan peralatan, proses atau bahan baku yang digunakan.

f. Tinjauan ulang kontrak

Pengadaan barang dan jasa melalui kontrak harus ditinjau ulang untuk menjamin kemampuan perusahaan dalam memenuhi persyaratan K3 yang ditentukan.

g. Pembelian

Sistem pembelian harus menjamin agar produk barang dan jasa yang dihasilkan serta mitra kerja perusahaan memenuhi persyaratan K3. Barang dan jasa yang diterima di tempat kerja harus dijelaskan bagaimana identifikasi, penilaian dan pengendalian resiko kecelakaan serta penyakit akibat kerja kepada semua pihak yang akan menggunakannya.

h. Prosedur menghadapi keadaan darurat atau bencana

Perusahaan harus memiliki prosedur untuk menghadapi keadaan darurat atau bencana yang diuji secara berkala untuk mengetahui keandalannya ketika terjadi kejadian yang sebenarnya.

i. Prosedur menghadapi insiden

Pengaruh yang mungkin ditimbulkan akibat insiden dapat dicegah dengan:

- 1) Perusahaan menyediakan fasilitas P3K dalam jumlah yang cukup dan sesuai sampai korban ditangani oleh tim medis.
- 2) Proses perawatan lanjutan.

j. Prosedur rencana pemulihan keadaan darurat

Perusahaan harus membuat rencana pemulihan keadaan darurat untuk segera mengembalikan kondisi normal dan membantu pemulihan tenaga kerja yang mengalami trauma.

5. Evaluasi

Setiap proses manajemen keselamatan harus melakukan audit/evaluasi secara berkala. Evaluasi yang dilakukan untuk mengkaji ulang secara sistematis dan independen untuk menegaskan ketaatan terhadap standar atau panduan yang berlaku. Proses SMK3 merupakan rangkaian kebijakan, prosedur dan praktik-praktik komprehensif yang dirancang untuk memastikan pencegahan kecelakaan. Evaluasi proses sistem SMK3 bertujuan untuk menentukan apakah sistem yang dimiliki telah digunakan dan berfungsi dengan efektif untuk memastikan fasilitas dan unit proses yang telah didesain, dikonstruksi, dioperasikan dan dirawat sehingga menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja, pelanggan, komunitas dan lingkungan kerja.

Unsur-unsur audit atau evaluasi SMK3 sesuai PER.05/MEN/1996, pasal 5 ayat 1 meliputi:

a. Pembangunan dan pemeliharaan komitmen

Pengurus harus menunjukkan kepemimpinan dan komitmen terhadap K3 dengan menyediakan sumberdaya yang memadai. Pengusaha dan pengurus perusahaan harus menunjukkan komitmen terhadap K3 yang diwujudkan dalam:

- 1) Menempatkan organisasi K3 kedalam posisi yang dapat menentukan keputusan perusahaan.
- 2) Menyediakan anggaran, tenaga kerja yang berkualitas dan sarana-sarana yang diperlukan di bidang K3.
- 3) Menetapkan personil yang mempunyai tanggung jawab, wewenang dan kewajiban yang jelas dalam penanganan K3.
- 4) Perencanaan K3 yang terkoordinasi.
- 5) Melakukan penilaian kinerja dan tindak lanjut pelaksanaan K3.

Beberapa hal penting mengenai pembangunan dan pemeliharaan komitmen antara lain:

- 1) Adanya kebijakan K3 tertulis, bertanggal secara jelas yang menyatakan tujuan K3 dan komitmen perusahaan dalam memperbaiki kinerja K3.
- 2) Kebijakan tersebut ditandatangani oleh pengusaha atau pengurus.
- 3) Kebijakan tersebut disusun oleh pengusaha atau pengurus setelah melalui proses konsultasi dengan wakil tenaga kerja.
- 4) Perusahaan mengkomunikasikan kebijakan K3 kepada seluruh pekerja, tamu, kontraktor, pelanggan dan pemasok dengan tata cara yang tepat.
- 5) Kebijakan mengenai masalah K3 di perusahaan perlu dibuat secara khusus.
- 6) Kebijakan tersebut ditinjau ulang secara berkala untuk menyesuaikan dengan perubahan yang terjadi dalam peraturan perundangan.

b. Strategi pendokumentasian

Pendokumentasian merupakan unsur utama dari setiap sistem manajemen dan harus dapat dibuat sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Proses dan prosedur kegiatan perusahaan harus ditentukan dan didokumentasikan serta diperbaharui apabila diperlukan. Perusahaan harus dengan jelas menentukan jenis dokumen dan pengendaliannya yang efektif.

Pendokumentasian Sistem Manajemen K3 didukung oleh kesadaran tenaga kerja dalam rangka mencapai tujuan K3 dan evaluasi terhadap sistem kinerja K3. Bobot dan mutu pendokumentasian ditentukan oleh kompleksitas kegiatan perusahaan. Unsur Sistem Manajemen K3 terintegrasi dengan sistem manajemen

perusahaan secara menyeluruh, maka pendokumentasian Sistem Manajemen K3 harus diintegrasikan dalam keseluruhan dokumen yang ada. Perusahaan harus mengatur dan memelihara kumpulan ringkasan pendokumentasian untuk:

- 1) Menyatukan secara sistematis kebijakan tujuan dan sasaran K3.
- 2) Menguraikan sarana pencapaian tujuan dan sasaran K3.
- 3) Mendokumentasikan peranan, tanggung jawab dan prosedur.
- 4) Memberikan arahan mengenai dokumen yang terkait dan menguraikan unsur-unsur lain dari sistem manajemen perusahaan.
- 5) Menunjukkan bahwa unsur-unsur Sistem Manajemen K3 yang sesuai untuk perusahaan telah diterapkan.

Perencanaan dan rencana strategi K3 meliputi:

- 1) Petugas yang berkompeten telah mengidentifikasi dan menilai potensi bahaya dan resiko K3 yang berkaitan dengan operasi.
- 2) Perencanaan strategi K3 perusahaan telah ditetapkan dan diterapkan untuk mengendalikan potensi bahaya dan resiko K3 yang telah teridentifikasi yang berhubungan dengan operasi.
- 3) Telah dibuat rencana khusus yang berkaitan dengan produk, proses proyek atau tempat kerja tertentu.
- 4) Rencana didasarkan pada potensi bahaya dan insiden, serta catatan K3 sebelumnya.
- 5) Rencana tersebut menetapkan tujuan K3 perusahaan yang dapat diukur, menetapkan prioritas dan menyediakan sumberdaya.

c. Peninjauan ulang desain dan kontrak

Peninjauan ulang desain dan kontrak meliputi:

- 1) Dokumentasi prosedur dengan mempertimbangkan identifikasi bahaya dan penilaian resiko dengan melakukan perancangan ulang.
- 2) Perancangan prosedur dan instruksi kerja untuk penggunaan produk, pengoperasian sarana produksi dan proses yang aman.
- 3) Petugas yang kompeten untuk melakukan verifikasi bahwa perancangan prosedur telah memenuhi persyaratan K3 sesuai yang ditetapkan.
- 4) Semua perubahan dan modifikasi perancangan prosedur dilakukan identifikasi, dokumentasi, ditinjau ulang dan disetujui oleh petugas yang berwenang sebelum pelaksanaan.
- 5) Prosedur yang telah terdokumentasi harus mampu mengidentifikasi dan menilai potensi bahaya K3 terhadap pekerja, lingkungan dan masyarakat, karena prosedur tersebut digunakan sebagai acuan kontrak ketika memasok barang dan jasa.
- 6) Identifikasi bahaya dan penilaian resiko dilakukan untuk meninjau ulang kontrak oleh petugas yang berkompeten.
- 7) Kontrak ditinjau ulang untuk menjamin bahwa pemasok dapat memenuhi persyaratan K3 bagi pelanggan.
- 8) Catatan tinjauan ulang kontrak disimpan dan didokumentasikan.

d. Pengendalian dokumen

Perusahaan harus menjamin bahwa:

- 1) Dokumen dapat diidentifikasi sesuai dengan uraian tugas dan tanggung jawab di perusahaan.

- 2) Dokumen ditinjau ulang secara berkala dan, jika diperlukan dapat direvisi.
- 3) Dokumen sebelum diterbitkan harus lebih dahulu disetujui oleh personil yang berwenang.
- 4) Dokumen versi terbaru harus tersedia di tempat kerja yang dianggap perlu.
- 5) Semua dokumen yang telah usang harus segera disingkirkan.
- 6) Dokumen mudah ditemukan, bermanfaat dan mudah dipahami.

e. Pembelian

Spesifikasi pembelian barang dan jasa meliputi:

- 1) Terdapat prosedur yang terdokumentasi yang dapat menjamin spesifikasi teknik dan informasi lain yang relevan dengan K3 telah diperiksa sebelum keputusan untuk membeli.
- 2) Spesifikasi pembelian untuk setiap sarana produksi, zat kimia atau jasa harus dilengkapi spesifikasi yang sesuai dengan persyaratan K3. Persyaratan K3 tersebut dicantumkan dalam spesifikasi yang sesuai dengan persyaratan peraturan perundangan dan standar K3 yang berlaku.
- 3) Konsultasi dengan tenaga kerja yang potensial berpengaruh pada saat keputusan pembelian dilakukan apabila persyaratan K3 dicantumkan dalam spesifikasi pembelian.
- 4) Kebutuhan pelatihan, pasokan alat pelindung diri dan perubahan terhadap prosedur kerja perlu dipertimbangkan sebelum pembelian, serta ditinjau ulang sebelum pembelian berikut pemakaian sarana produksi dan bahan kimia.
- 5) Barang dan jasa yang telah dibeli diperiksa kesesuaiannya dengan spesifikasi pembelian.
- 6) Barang dan jasa yang dipasok pelanggan sebelum digunakan, terlebih dahulu diidentifikasi potensi bahaya dan dinilai risikonya.
- 7) Produksi yang disediakan oleh pelanggan dapat diidentifikasi dengan jelas.

f. Keamanan bekerja berdasarkan SMK3

- 1) Petugas yang berkompeten telah mengidentifikasi bahaya yang potensial dan telah menilai resiko-resiko yang timbul dari suatu proses kerja.
- 2) Apabila upaya pengendalian resiko diperlukan, maka upaya tersebut ditetapkan melalui tingkat pengendalian.
- 3) Terdapat prosedur kerja yang didokumentasikan dan jika diperlukan diterapkan suatu sistem izin kerja untuk tugas-tugas kerja yang beresiko tinggi.
- 4) Prosedur atau petunjuk kerja untuk mengelola secara aman seluruh resiko yang teridentifikasi didokumentasikan.
- 5) Kepatuhan dengan peraturan, standar, ketentuan pelaksanaan diperhatikan pada saat mengembangkan atau melakukan modifikasi prosedur atau petunjuk kerja.
- 6) Prosedur kerja dan instruksi kerja dibuat oleh petugas yang kompeten dengan masukan dari tenaga kerja yang dipersyaratkan untuk melakukan tugas dan prosedur, kemudian disahkan oleh pejabat yang ditunjuk.
- 7) Alat pelindung diri disediakan bila diperlukan dan digunakan secara benar serta dipelihara selalu dalam kondisi layak dipakai.
- 8) Alat pelindung diri yang digunakan dipastikan telah dinyatakan layak pakai sesuai dengan standar dan atau peraturan perundangan yang berlaku.

- 9) Upaya pengendalian resiko ditinjau ulang apabila terjadi perubahan pada proses kerja.
- 10) Dilakukan pengawasan untuk menjamin bahwa setiap pekerjaan dilaksanakan dengan aman dan mengikuti prosedur dan petunjuk kerja yang telah ditentukan.
- 11) Setiap orang diawasi sesuai dengan tingkat kemampuan mereka dan tingkat resiko tugas.
- 12) Pengawas ikut serta dalam identifikasi bahaya dan membuat pengendalian.
- 13) Pengawas diikutsertakan dalam pelaporan dan penyelidikan penyakit akibat kerja dan kecelakaan, dan wajib menyerahkan laporan dan saran-saran kepada pengurus.
- 14) Pengawas ikut serta dalam proses konsultasi.
- 15) Persyaratan tugas tertentu, termasuk persyaratan kesehatan diidentifikasi dan dipakai untuk menyeleksi dan penempatan tenaga kerja.
- 16) Penugasan pekerjaan harus didasarkan pada kemampuan dan tingkat keterampilan yang dimiliki oleh masing-masing tenaga kerja.
- 17) Perusahaan melakukan penilaian lingkungan kerja untuk mengetahui daerah-daerah yang memerlukan pembatasan izin masuk.
- 18) Terdapat pengendalian atas tempat-tempat dengan pembatasan izin masuk.
- 19) Fasilitas-fasilitas dan layanan yang tersedia di tempat kerja sesuai dengan standar dan pedoman teknis.
- 20) Rambu-rambu mengenai keselamatan dan tanda pintu darurat harus dipasang sesuai dengan standar dan pedoman teknis.
- 21) Penjadwalan pemeriksaan dan pemeriksaan sarana produksi serta peralatan mencakup verifikasi alat-alat pengaman dan persyaratan yang ditetapkan oleh peraturan perundangan standar dan pedoman teknis.

g. Standar pemantauan

- 1) Inspeksi tempat kerja dan cara kerja yang dilaksanakan secara teratur.
- 2) Inspeksi dilakukan bersama oleh wakil pengurus dan wakil tenaga kerja yang telah memperoleh pelatihan mengenai identifikasi potensi bahaya.
- 3) Inspeksi mencari masukan dari petugas yang melakukan tugas di tempat yang diperiksa.
- 4) Daftar periksa cek list tempat kerja telah disusun untuk digunakan pada saat inspeksi.
- 5) Laporan inspeksi diajukan kepada pengurus dan P2K3 sesuai dengan kebutuhan.
- 6) Tindakan korektif dipantau untuk menentukan efektifitasnya.
- 7) Pemantauan lingkungan tempat kerja dilaksanakan secara teratur dan hasilnya dicatat dan dipelihara.
- 8) Pemantauan lingkungan kerja meliputi faktor fisik, kimia, biologis, radiasi dan psikologis.
- 9) Terdapat sistem yang terdokumentasi mengenai identifikasi, kalibrasi, pemeliharaan, penyimpanan untuk alat pemeriksaan, ukur dan uji mengenai Keselamatan dan Kesehatan.
- 10) Alat dipelihara dan dikalibrasi oleh petugas yang berkompeten.
- 11) Sesuai dengan peraturan perundangan, kesehatan tenaga kerja yang bekerja pada tempat kerja yang mengandung bahaya harus dipantau.
- 12) Perusahaan telah mengidentifikasi keadaan di mana pemeriksaan kesehatan perlu dilakukan dan telah melaksanakan sistem untuk membantu pemeriksaan ini.

- 13) Pemeriksaan kesehatan dilakukan oleh dokter pemeriksa yang ditunjuk sesuai peraturan perundangan.
- 14) Perusahaan menyediakan pelayanan kesehatan kerja sesuai peraturan perundangan.
- 15) Catatan mengenai pemantauan kesehatan dibuat sesuai dengan peraturan perundangan.

h. Pelaporan dan perbaikan kekurangan

- 1) Terdapat prosedur proses pelaporan sumber bahaya dan personil perlu diberitahu mengenai proses pelaporan sumber bahaya terhadap K3.
- 2) Terdapat prosedur terdokumentasi yang menjamin bahwa semua kecelakaan dan penyakit akibat kerja dilaporkan sebagaimana ditetapkan oleh peraturan perundangan.
- 3) Kecelakaan dan penyakit akibat kerja dilaporkan sebagaimana ditetapkan oleh peraturan perundangan.
- 4) Perusahaan mempunyai prosedur penyelidikan kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang dilaporkan,
- 5) Penyelidikan dan pencegahan kecelakaan kerja dilakukan oleh petugas atau ahli K3 yang telah dilatih.
- 6) Laporan penyelidikan berisi saran-saran dan jadwal waktu pelaksanaan usaha perbaikan.
- 7) Tanggung jawab diberikan kepada petugas yang ditunjuk untuk melaksanakan tindakan perbaikan sehubungan dengan laporan penyelidikan.
- 8) Tindakan perbaikan didiskusikan dengan tenaga kerja di tempat terjadinya kecelakaan.
- 9) Tenaga kerja diberi informasi mengenai prosedur penanganan masalah K3 dan menerima informasi kemajuan penyelesaiannya.

i. Pengelolaan material dan pemindahannya

- 1) Terdapat prosedur untuk mengidentifikasi potensi bahaya dan menilai resiko yang berhubungan dengan penanganan secara manual dan mekanis.
- 2) Identifikasi dan penilaian dilaksanakan oleh petugas yang berkompeten.
- 3) Perusahaan menerapkan dan meninjau ulang cara pengendalian risiko yang berhubungan dengan penanganan secara manual atau mekanis.
- 4) Prosedur untuk penanganan bahan meliputi metode pencegahan terhadap kerusakan, tumpahan dan kebocoran.
- 5) Terdapat prosedur untuk menjamin bahwa bahan disimpan dan dipindahkan dengan cara yang aman sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.
- 6) Terdapat prosedur yang menjelaskan persyaratan pengendalian bahan yang dapat rusak dan kadaluarsa.
- 7) Terdapat prosedur yang menjamin bahwa bahan dibuang dengan cara yang aman sesuai dengan peraturan perundangan.
- 8) Perusahaan telah mendokumentasikan prosedur mengenai penyimpanan, penanganan dan pemindahan bahan-bahan berbahaya yang sesuai dengan persyaratan peraturan perundangan, standar dan pedoman teknis.
- 9) Lembar data keselamatan bahan yang komprehensif untuk bahan-bahan berbahaya harus mudah didapat.
- 10) Terdapat sistem untuk mengidentifikasi dan pemberian bahan-bahan berbahaya.
- 11) Rambu peringatan bahaya dipampang sesuai dengan persyaratan peraturan perundangan dan standar yang berlaku.

- 12) Terdapat prosedur yang didokumentasikan mengenai penanganan secara aman bahan-bahan berbahaya.
- 13) Petugas yang menangani bahan-bahan berbahaya diberi pelatihan mengenai cara penanganan yang aman.
- 14) Identifikasi dan penilaian dilaksanakan oleh petugas yang berkompeten.

j. Pengumpulan dan penggunaan data

- 1) Perusahaan mempunyai prosedur untuk mengidentifikasi, mengumpulkan, mengarsipkan, memelihara dan menyimpan catatan K3.
- 2) Undang-undang, peraturan, standar dan pedoman teknis yang relevan dipelihara dan disimpan pada tempat mudah didapat.
- 3) Terdapat prosedur yang menentukan persyaratan untuk menjaga kerahasiaan catatan.
- 4) Pemeliharaan catatan mengenai peninjauan ulang dan pemeriksaan.
- 5) Pemeliharaan catatan kompensasi kecelakaan kerja dan rehabilitasi kesehatan.
- 6) Data K3 yang terbaru dikumpulkan dan dianalisa.
- 7) Laporan rutin kinerja K3 dibuat dan disebarluaskan di dalam perusahaan.

k. Audit SMK3

- 1) Pelaksanaan audit SMK3 yang terjadwal untuk memeriksa kesesuaian kegiatan perencanaan dan untuk menentukan apakah kegiatan tersebut efektif.
- 2) Audit internal SMK3 dilakukan oleh petugas yang berkompeten dan independen di perusahaan.
- 3) Laporan audit didistribusikan kepada manajemen dan petugas lain yang berkepentingan.
- 4) Kekurangan yang ditemukan ketika audit menjadi prioritas dan dipantau untuk menjamin dilakukannya tindakan perbaikan.

K. Klasifikasi Program Pendidikan dan Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Diklat K3)

Program Pendidikan dan Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Diklat K3) dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Induksi K3

Induksi K3 merupakan pelatihan yang diberikan sebelum seseorang memulai bekerja atau memasuki tempat kerja. Pelatihan ini ditujukan untuk pekerja baru, pindahan, mutasi, kontraktor dan tamu yang berada di suatu tempat kerja.

2. Pelatihan Khusus K3

Pelatihan khusus K3 berkaitan dengan tugas dan pekerjaan masing-masing pekerja, misalnya bekerja di lingkungan kimia harus dibekali pelatihan tentang bahan-bahan kimia dan pengendaliannya.

3. Pelatihan Umum K3

Pelatihan umum K3 merupakan program pelatihan yang bersifat umum dan diberikan kepada semua pekerja, mulai dari level terbawah sampai manajemen puncak. Pelatihan ini bersifat awareness yaitu untuk menanamkan budaya atau kultur K3 di lingkungan kerja, misalnya pelatihan mengenai dasar K3 dan petunjuk keselamatan seperti keadaan darurat dan pemadam kebakaran.



Gambar 12.15. Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Program Pendidikan dan Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Diklat K3) yang baik harus mencakup 4 unsur, yaitu: kelas pelatihan, laboratorium, materi dan magang.

a) Kelas Pelatihan

Kelas pelatihan diatur sedemikian rupa supaya peserta merasa nyaman dan fokus terhadap pelatihan. Audio visual maupun layar diletakkan ditempat yang mudah dilihat serta mudah untuk mengontrol proses pelatihan.

b) Laboratorium

Peserta juga dibekali praktik lapangan, sehingga mereka memiliki pengalaman mengenai materi pelatihan. Praktik dilakukan di laboratorium secara individu maupun kelompok.

c) Modul Materi

Modul materi yang diberikan harus ringkas, jelas dan mudah dipahami peserta. Penjelasan materi oleh instruktur diberikan secara detail dan mudah dipahami, setiap peserta wajib untuk mengikuti semua alur pelaksanaan pelatihan

d) Magang (On The Job)

Magang merupakan praktek secara langsung setiap peserta baik di perusahaan atau lembaga pemerintah. Frekuensi magang menentukan pengalaman yang dapat diperoleh setiap peserta.



Gambar 12.16. Magang (On The Job)

L. Fungsi, Tujuan dan Manfaat Manajemen Pendidikan dan Pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (Diklat K3)

Program K3 secara umum adalah mempercepat proses gerakan nasional K3 dalam upaya memberdayakan keselamatan dan kesehatan kerja sehingga tidak terjadi kecelakaan kerja (nihil). Fungsi program manajemen pendidikan dan pelatihan Keselamatan dan Kesehatan kerja (Diklat K3) antara lain:

1. Meningkatkan pengertian, kesadaran, pemahaman dan penghayatan K3 semua unsur perusahaan, baik pimpinan maupun pekerja.
2. Meningkatkan fungsi manajemen K3.
3. Mendorong terbentuknya manajemen K3 di setiap perusahaan.
4. Mendorong pembinaan K3 di sektor informal dan masyarakat umum.

Program Diklat K3 perusahaan mempunyai tujuan umum dan khusus, yaitu:

1. Tujuan Umum

- a. Perlindungan K3 terhadap pekerja sehingga dapat meningkatkan produksi dan produktivitas pekerja.
- b. Perlindungan K3 terhadap setiap orang di lingkungan kerja.
- c. Perlindungan terhadap bahan-bahan dan peralatan sehingga dapat digunakan secara aman dan efisien.

2. Tujuan Khusus

- a. Mencegah dan mengurangi kecelakaan, kebakaran, ledakan dan penyakit yang ditimbulkan akibat kerja.
- b. Mengamankan mesin, instalasi, alat kerja, bahan baku dan bahan hasil produksi.
- c. Menciptakan lingkungan dan tempat kerja yang aman, nyaman dan sehat.
- d. Penyesuaian antara pekerja dengan mesin/peralatan atau individu dengan pekerjaannya.

Manfaat Diklat K3 di lingkungan kerja bagi perusahaan dan pekerja yaitu:

1. Meningkatkan ilmu dan ketrampilan pekerja.
2. Mengurangi kecelakaan kerja.
3. Mengurangi absensi dan penggantian pekerja.
4. Mengurangi beban pengawasan.
5. Mengurangi waktu yang terbuang.
6. Mengurangi biaya lembur.
7. Mengurangi biaya pemeliharaan mesin/peralatan.
8. Mengurangi keluhan-keluhan.
9. Meningkatkan kepuasan kerja.
10. Meningkatkan produksi.
11. Komunikasi yang baik antara pekerja dan pimpinan.
12. Kerjasama yang baik.



Gambar 12. 17. Pelaksanaan Diklat Keselamatan Kerja

BAB XIII MANAJEMEN DAN STRUKTUR ORGANISASI K3

A. Manajemen K3

1. Diterapkan di Malaysia tahun 1994 dengan dikeluarkannya UU K3
2. Lembaga ISO telah menyusun SMK3 dengan pendekatan SMM (system manajemen mutu) dan SML (sistem manajemen lingkungan)
3. Tahun 1998 ILO bersama IOHA mengidentifikasi elemen kunci ILO yang mempopulerkan SMK3 OHSAS 18001 SMK3
4. Akhir tahun 1999, BSI meluncurkan proposal pembentukan komite teknik untuk membentuk Standard Internasional Nonsertifikasi, namun ditolak karena bertentangan dengan
5. Tahun 1999 BSI dan badan sertifikasi dunia meluncurkan.

Kegagalan manajemen merupakan salah faktor yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan, seperti dalam teori kecelakaan oleh Bird dan Loftus. Banyak perusahaan yang sudah menerapkan berbagai sistem manajemen untuk meningkatkan kualitas, produktifitas serta menghilangkan potensi terjadinya kerugian akibat kecelakaan dan berhasil mencapai sasaran yang diharapkan dengan menerapkan berbagai sistem manajemen tersebut. Beberapa perusahaan ada juga yang gagal mencapai tujuan dari penerapan sistem manajemen. Banyak faktor dan kendala yang dapat menyebabkan kegagalan manajemen sehingga tujuan penerapan tidak tercapai. Gallagher (2001) menyampaikan beberapa kendala dalam penerapan sistem manajemen keselamatan, antara lain:

1. Sistem yang diterapkan tidak sesuai dengan kondisi dan kebutuhan perusahaan
2. Lemahnya komitmen pimpinan perusahaan dalam menerapkan sistem manajemen
3. Kurangnya keterlibatan pekerja dalam perencanaan dan penerapan
4. Audit tool yang digunakan tidak sesuai dan kemampuan auditor yang tidak memadai.

Penerapan sistem manajemen bertujuan untuk meningkatkan kualitas, produktifitas atau keselamatan kerja. Cara mengukur efektifitas penerapan sistem manajemen dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Metode konvensional dengan cara mengukur insiden dan klaim kompensasi
2. Metode ppis (positive performance indicators) dengan cara mengukur relevansi sistem manajemen keselamatan, proses, manajemen dan kesesuaian dengan praktek di lapangan

Model penerapan sistem manajemen keselamatan dibedakan menjadi 2 model, yaitu: (Gallagher, 2001)

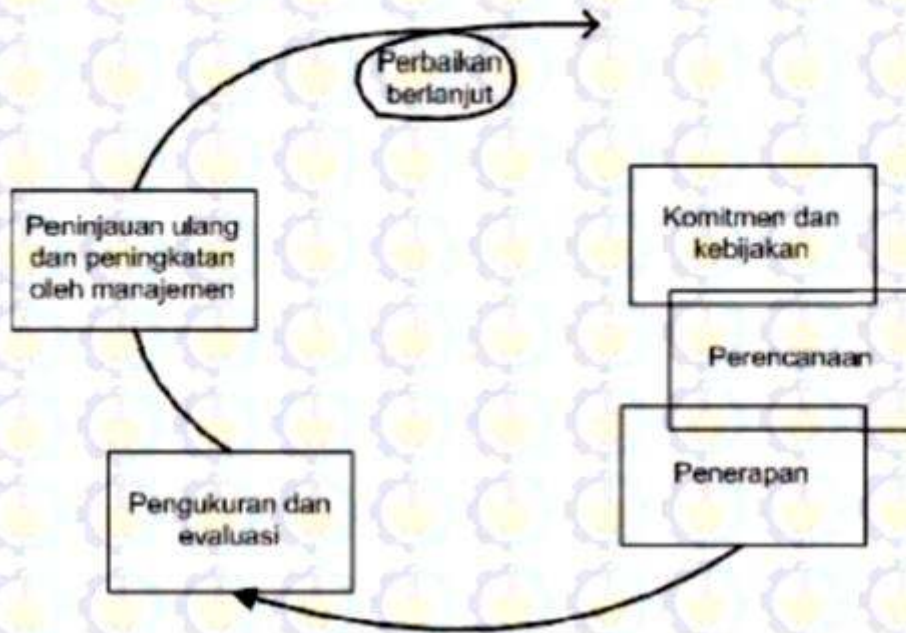
1. Rational Organisation Theory

Menekankan kepada pendekatan top-down, yaitu penerapan sistem manajemen keselamatan berdasarkan kebijakan atau instruksi dari top level manajemen kemudian diteruskan sampai level yang paling bawah.

2. Socio-Technical System Theory

Melakukan pendekatan dengan intervensi berdasarkan analisa hubungan antara teknologi, orientasi dari pekerja dan struktur organisasi.

PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN K3 BERDASARKAN PERMENAKER 05/MEN/1996



Gambar 13.1 Penerapan Sistem Manajemen K3

Gallagher mengklasifikasikan sistem manajemen keselamatan ke dalam 4 tipe, antara lain:

1. **Safe Person Control Strategy**, strategi pencegahan difokuskan terhadap kontrol perilaku pekerjaan
2. **Safe Place Control Strategy**, strategi pencegahan difokuskan terhadap bahaya dari sumbernya melalui identifikasi, kajian dan pengendalian.
3. **Traditional Management**, peranan penting dalam K3 berada di tangan supervisor dan EHS, integrasi SMK3 terhadap sistem manajemenn yang lebih luas sangat rendah, keterlibatan karyawan juga masih rendah.
4. **Innovative Management**, peranan penting dalam K3 berada di tangan senior dan line manager, integrasi SMK3 terhadap sistem manajemenn yang lebih luas sangat baik, keterlibatan karyawan sudah tinggi.

Menurut Gallagher, 2001 metode implementasi SMK3 dikategorikan menjadi 3 macam, yaitu:

1. **Voluntary**, pelaksanaan SMK3 secara sukarela berdasarkan tanggung jawab perusahaan terhadap keselamatan dan kesejahteraan pekerja, sehingga pekerja lebih mudah berpartisipasi dalam berbagai program K3
2. **Mandatory**, pelaksanaan SMK3 berdasarkan kewajiban untuk memenuhi persyaratan dari pemerintah atau pelanggan, implementasinya terlihat dipaksakan dan sedikit melibatkan pekerja karena tujuannya tidak sepenuhnya melindungi pekerja melainkan untuk memenuhi persyaratn undang-undang

- 3. Hybrid**, merupakan kombinasi dari voluntary dan mandatory, selain memenuhi persyaratan dari undang-undang juga bertujuan untuk melindungi pekerja dan aset perusahaan

Leadership atau kepemimpinan adalah sesuatu yang dimulai dari atas ke bawah. Pemimpin berbeda dengan manajer. Manajer adalah kedudukan jabatan dalam suatu organisasi yang mengurus segala aspek manajerial. Seorang manajer belum tentu bisa menjadi pemimpin, tetapi pemimpin yang baik harus mampu melakukan aspek manajerial. Semua orang memiliki potensi untuk menjadi pemimpin, karena kepemimpinan berkaitan dengan cara pandang dan sikap terhadap segala aspek yang menjadi tanggung jawabnya. Kepemimpinan sulit diukur dan ditetapkan kriterianya, sehingga tidak ada persyaratan dalam SMK3.

Elemen-elemen dasar kepemimpinan yang dapat diterapkan dalam SMK3, antara lain:

1. Komunikasi yang jelas, transparan dan memiliki visi yang jauh kedepan

SMK3 harus dikomunikasikan secara jelas, sederhana dan terdapat pengembangan visi. Manajemen puncak bertanggung jawab untuk mengembangkan visi dan memastikan pesan yang dibuat jelas dan dimengerti oleh semua pihak. Manajemen puncak mengembangkan istilah-istilah yang secara spesifik memberikan arahan dan tindakan yang dapat dilakukan sesuai dengan tingkat personel di dalam perusahaan, misalnya, "Safety adalah prioritas utama". Istilah ini sangat sederhana tetapi setiap orang yang membacanya dapat memahami dan mengingatkannya ketika melakukan aktifitas kerja.

2. Rencana yang ringkas, jelas untuk mencapai visi

Manajemen puncak bertanggung jawab untuk memastikan penyusunan manual SMK3 yang terdiri dari penjelasan singkat struktur dan program SMK3 yang telah dilakukan. Setiap manajemen K3, sebaiknya mempunyai alur yang dapat dipahami, matriks tanggung jawab yang jelas, dan indikator pengukuran kinerja (KPI).

3. Secara aktif ikut mendukung dan terlibat dalam pencapaian program

Mencakup setting standar kinerja bagi manajer dan supervisor untuk aktifitas seperti safety patrol, investigasi kecelakaan, diskusi kelompok K3 dan proyek-proyek khusus. Manajer dan supervisor secara aktif menyingkirkan berbagai hambatan, mempromosikan pentingnya K3 disamping kualitas dan produktifitas, dan berpartisipasi dalam inspeksi, investigasi, dll.

4. bertanggungjawab terhadap semua program K3 kepada semua level didalam perusahaan

Keterlibatan aktif semua pihak untuk memberikan masukan dan menerima tanggung jawab K3, menunjukkan bahwa standar K3 dan aturannya diketahui, ditaati bersama-sama, apabila terjadi pelanggaran diperkuat dengan tindakan pendisiplinan.

5. Mengintegrasikan elemen K3 kedalam fungsi inti pengelolaan bisnis

K3 harus menjadi bagian dari setiap pekerjaan. Organisasi yang berkomitmen kuat kepada K3 memiliki batas yang luas bagi SMK3 didalam organisasinya. Bentuk yang biasa dilakukan adalah dengan mengintegrasikan SMK3 kedalam sistem manajemen lainnya seperti ISO 9001 dan ISO 14001.

6. Komitmen kepada K3 sebagai prioritas

SMK3 yang meliputi banyak hal, terstruktur, dan adanya proses dalam meningkatkan kompetensi sumberdaya manusianya merupakan sebuah pesan bahwa K3 menjadi prioritas didalam organisasi. Pelatihan sebaiknya tidak dipandang sebagai pengganti tapi sebagai tambahan untuk keterlibatan. Pemimpin dalam K3 mengambil setiap peluang dalam memperkuat SMK3, dan menemukan dukungan, keterlibatan pekerja dan mengakui hal tersebut sebagai prestasi positif mereka.

7. Fokus terhadap perbaikan berkelanjutan (continuous improvement) dari SMK3

Mengelola SMK3 adalah sama dengan mengelola produktivitas, kualitas atau area-area lain dalam organisasi. Peningkatan dan perbaikan sistem dapat dijadikan sebagai bagian dari aktifitas sehari-hari.

Kepemimpinan yang efektif merupakan salah satu tanda dari budaya K3 yang positif dan sehingga menentukan bagaimana pekerja akan bersikap terhadap K3. Banyak senior manajemen yang tidak bersemangat dan tertantang didalam menangani K3, karena mereka menganggap K3 tidak lebih dari urusan compliance atau kepatuhan terhadap regulasi sehingga terasa membosankan, mereka tidak melihat K3 sebagai sesuatu yang dapat memberikan kontribusi terhadap keuntungan dan daya saing perusahaan. Senior manajemen sering mewakili berbagai kegiatan atau rapat yang berkaitan dengan K3 untuk level yang lebih rendah, sehingga menyebabkan keterlibatan senior manajemen didalam K3 menjadi semakin berkurang.

Sebagai dampak dari kurangnya keterlibatan manajemen dalam berbagai aktifitas K3 adalah menjadi menyempitnya fokus program K3, sehingga pikiran-pikiran untuk mengembangkan K3 menjadi berkurang, karena junior atau medium manajemen lebih fokus kepada “how of safety” dari pada memikirkan “What and Why of Safety”. Apabila itu terjadi maka K3 akan berjalan ditempat dan dapat mengalami penurunan dan tidak akan memberikan dampak yang signifikan terhadap perusahaan melainkan beban biaya atau cost center.

Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kepemimpinan dan manajemen yang efektif didalam K3 adalah sama dengan area operasional yang lain seperti kualitas dan produktivitas. Terdapat 2 faktor penting dalam kepemimpinan yang efektif yaitu kepedulian dan pengendalian.

1. Kepedulian adalah perhatian dalam hal berikut:

- a. Kesejahteraan pekerja
- b. Membantu pekerja ketika diperlukan
- c. Membangun hubungan baik dengan bawahan / pekerja
- d. membangun komunikasi dua arah dengan menjelaskan segala yang perlu.
- e. Selalu ada atau bersedia ditemui.

2. Pengendalian adalah melakukan hal berikut:

- a. Membuat target yang jelas
- b. Menjaga kinerja sesuai standar
- c. Memberi klarifikasi yang jelas tentang ruang lingkup pekerjaan, ekspektasi dan tanggung jawab
- d. Memotivasi pekerja untuk mengikuti peraturan dan prosedur

Kepedulian dan pengendalian harus dijalankan secara seimbang, sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap kepemimpinan. Dampak negatif tersebut misalnya: apabila kepedulian lebih dominan dibandingkan pengendalian maka manajemen akan dianggap terlalu lemah, tidak tegas atau tidak bisa membuat keputusan, sebaliknya apabila pengendalian terlalu dominan maka manajemen akan dianggap terlalu keras dan tidak mempercayai pekerja sehingga pekerja akan cenderung menjaga jarak dengan manajemen karena ketakutan, berusaha menyelamatkan diri masing-masing dan saling menyalahkan.

Kepemimpinan yang efektif adalah pemimpin yang tingkat kepedulian dan pengendaliannya tinggi, sehingga mereka akan didengar dan dipatuhi oleh pekerja. Pemimpin yang efektif bersifat mengayomi dan mengutamakan pendekatan team dalam setiap penyelesaian masalah, semua keputusan dibuat dengan semangat kerjasama team, dan mengkomunikasikan secara jelas setiap keputusan atau program yang dibuat. Secara ringkas dijelaskan bahwa kepemimpinan yang efektif memperlihatkan unsur-unsur kepedulian dan pengendalian berikut:

1. Mengkomunikasikan secara jelas kepada pekerja bagaimana cara mencapai target yang sudah ditetapkan
2. Menentukan jangka waktu untuk mencapai target
3. Membantu pekerja dalam mencapai target dengan menyediakan sumberdaya yang diperlukan
4. Menghilangkan atau meminimalkan semua rintangan yang dapat menghalangi tercapainya target

B. Struktur Organisasi K3

Struktur organisasi adalah suatu bagian yang menunjukkan hubungan antara fungsi dan tugas dari tiap – tiap bagian dalam suatu organisasi. Struktur organisasi k3 dapat dikategorikan sebagai berikut :

- a. Departemen berdiri sendiri dan berada langsung dibawah General Manager
- b. Departemen berada dibawah pengewasan departemen produksi
- c. Departemen berada dibawah pengawasan departemen Maintenance
- d. Berdiri secara independent, dan langsung berada dibawah pengawasan direktur.

Secara umum struktur organisasi departemen K3 dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 13.2 Bagan Struktur Organisasi

Bagian-bagian yang terlibat langsung dalam manajemen K3 antara lain:

1. Manajer

Merupakan tingkat tertinggi dari masing-masing divisi yang mengelola dan mengambil keputusan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas divisinya, khususnya dalam hal penanganan keselamatan dan kesehatan kerja.

2. Supervisor

Sebagai mengarahkan, membagi, mengawasi dan memberi penilaian setiap pekerjaan yang dibebankan kepada tiap pelaksana.

3. Teknisi

Merupakan pekerja level terakhir yang bertugas menjalankan kegiatan untuk menjalankan program Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Perusahaan Tersebut.

Untuk memenuhi persyaratan K3, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun uraian jabatan (job description), antara lain:

- Struktur organisasi.
- Hasil identifikasi bahaya potensial, penilaian dan pengendalian resiko.
- Sasaran K3.
- Persyaratan peraturan dan perundang-undangan.
- Uraian jabatan yang ada.
- Catatan kualifikasi personel.

Dalam sistem manajemen K3, terdapat standar umum jabatan, yaitu:

- Manajemen puncak.
- Tingkat manajemen pada semua level organisasi.
- Operator.
- Pengelola rekanan.
- Bagian HRD.
- Penanggung jawab peralatan.
- Karyawan yang terkait dengan K3.
- Karyawan yang ditunjuk sebagai perwakilan K3 dalam asosiasi-asosiasi perusahaan.

Untuk hubungan tugas dan tanggung jawab dalam organisasi terkait sistem manajemen K3, digambarkan sebagai berikut.



Gambar 13.3. Hubungan Tugas dan Tanggung Jawab K3 Dalam Organisasi

C. Pengurus Organisasi K3

1. Ketua, berwenang menetapkan Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja.
2. Gasket MFG. Melaksanakan Kebijakan dan Rekomendasi yang telah ditetapkan.
3. Wakil Ketua I. Sebagai Wakil Ketua bertanggung jawab dalam menjalankan Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang sudah ditetapkan dalam membantu Ketua bila berhalangan
4. Sekretaris, berwenang dan bertanggung jawab untuk merekomendasikan ke Penanggung jawab yang menyangkut Keselamatan dan Kesehatan Kerja yang telah disahkan oleh Ketua dalam hal pelaksanaannya.
5. Wakil Sekretaris I & II. Sebagai wakil dari Sekretaris dalam melaksanakan tugas-tugas teknik dan tugas non teknik dalam hal sekretaris berhalangan.
6. Anggota. Membantu pelaksanaan organisasi dalam implementasi dan pelaksanaan dilapangan. Memberikan saran kepada organisasi dalam rapat.

D. Tugas-Tugas Kerja:

1. Ketua
 - Memimpin dalam pertemuan rapat pleno P2K3 atau menunjuk anggota untuk memimpin rapat pleno yang diselenggarakan.
 - a. Menentukan langkah, kebijakan untuk tercapainya pelaksanaan program - program P2K3
 - b. Mempertanggung jawabkan pelaksanaan program - program K3 dan pelaksanaannya di perusahaan kepada Management.
 - c. Memonitor & mengevaluasi pelaksanaan program-program K3 di Perusahaan
2. Wakil Ketua
 - Melaksanakan tugas-tugas bila ketua berhalangan
3. Sekretaris
 - a. Membuat undangan rapat dan notulennya.
 - b. Mengelola administrasi surat-surat P2K3
 - c. Mencatat data-data yang berhubungan dengan K3.
 - d. Memberikan bantuan/ saran-saran yang diperlukan oleh line-line untuk suksesnya K3.
 - e. Membuat laporan ke Departemen-departemen terkait mengenai adanya Tindakan dan Kondisi yang tidak sesuai di tempat kerja.
4. Wakil Sekretaris I & II
 - Melaksanakan tugas-tugas bila Sekretaris berhalangan.
5. Anggota
 - Melaksanakan program-program yang telah ditetapkan sesuai Bagian/ Groupnya masing-masing. Melaporkan kepada Ketua atas kegiatan yang telah dilaksanakan

E. Program Kerja

1. Identifikasi Masalah K3
 - a. Mengidentifikasi dan menginventarisasi sumber bahaya dan penyakit akibat kerja disetiap Bagian/ Group dalam rangka perlindungan tenaga kerja

- b. Inventarisasi masalah yang berkaitan dengan upaya mengendalikan dan mencegah timbulnya kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja dan upaya peningkatan efisiensi dan produktifitas kerja.
- c. Masalah yang berkaitan dengan upaya untuk memenuhi peraturan perundangan.
- d. Masalah yang berkaitan dengan upaya untuk memberikan jaminan akan keselamatan dan rasa aman terhadap masyarakat umum khususnya dilingkungan tempat kerja.

2. Pendidikan dan Pelatihan

- a. Melakukan training Safety untuk karyawan disemua tingkatan dan sesuai dengan kepentingan (didalam atau diluar perusahaan).
- b. Pendidikan dalam bentuk: memasang spanduk-spanduk K3, Membuat film-film tentang K3., buletin, majalah tentang K3
- c. Melakukan ceramah didalam atau diluar perusahaan dengan mengundang tenaga ahli K3.

F. Sidang-Sidang Atau Pertemuan Komite K3

1. Bentuk Sidang:

- a. Sidang rutin, membicarakan masalah yang berhubungan dengan K3 termasuk masalah organisasi P2 K3
- b. Sidang Khusus, membicarakan masalah yang mendadak misalnya dalam kasus kecelakaan kerja.

2. Materi Pembahasan Dalam Sidang/ Pertemuan :

- a. Membahas hasil evaluasi yang telah dilaksanakan.
- b. Menyusun rekomendasi cara mengatasi bahaya potensial yang diteliti.
- c. Membahas hasil analisa kecelakaan dan membuat rekomendasi tentang penanganannya.
- d. Menyusun acara pendidikan/ pelatihan/ ceramah.
- e. Mengadakan perbaikan program pencegahan kecelakaan yang telah dijalankan.
- f. Masalah lain yang dianggap perlu yang berhubungan dengan Safety.

G. Rekomendasi

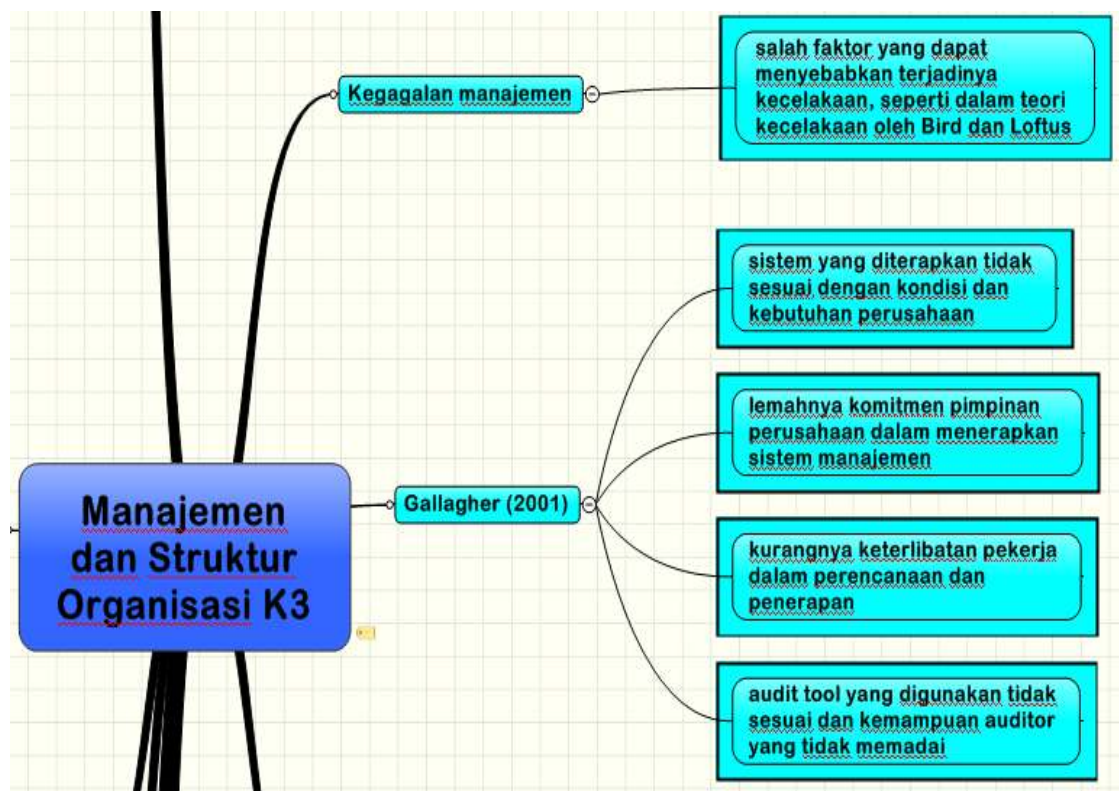
Dengan tetap memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Bahaya potensial yang ada baik berupa kondisi maupun tindakan yang tidak aman.
2. Dampak yang timbul dari kondisi atau tindakan yang tidak aman terhadap:
 - a. Tenaga Kerja (Manusia)
 - b. Kelancaran produksi
 - c. Kerusakan peralatan, harta benda maupun lingkungan
3. Cara pencegahan yang tepat ditinjau dari :
 - a. Praktis ekonomis (besarnya biaya)
 - b. Efektivitasnya (dapat dan mudah dilaksanakan)

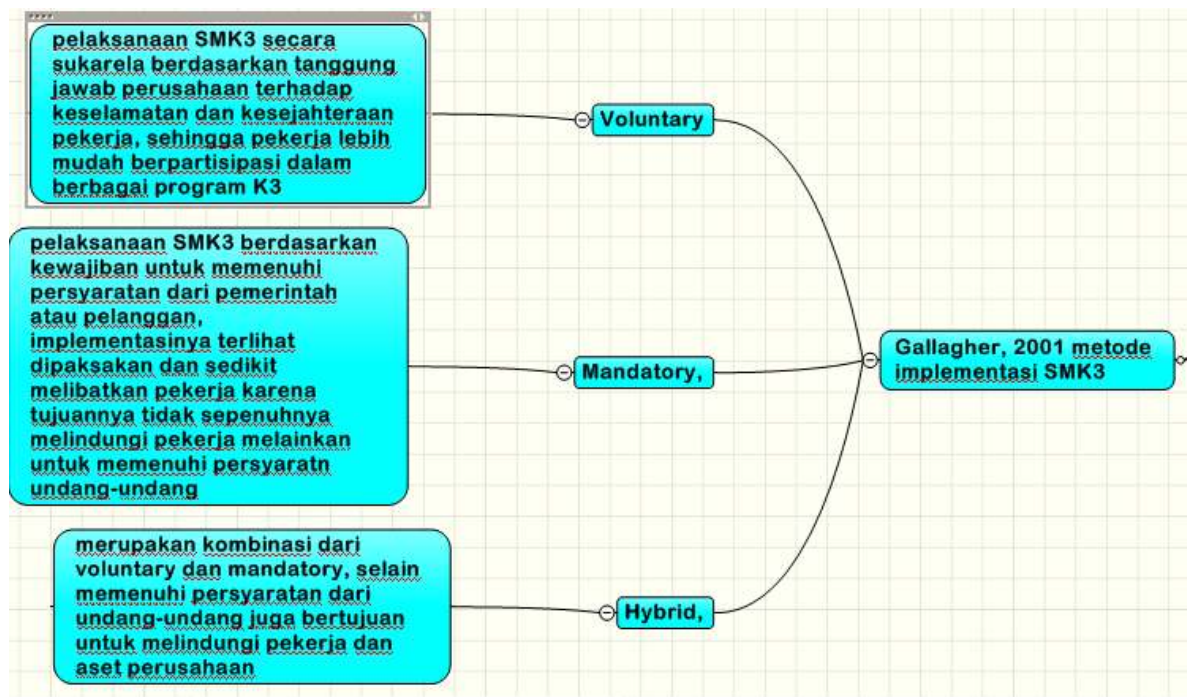
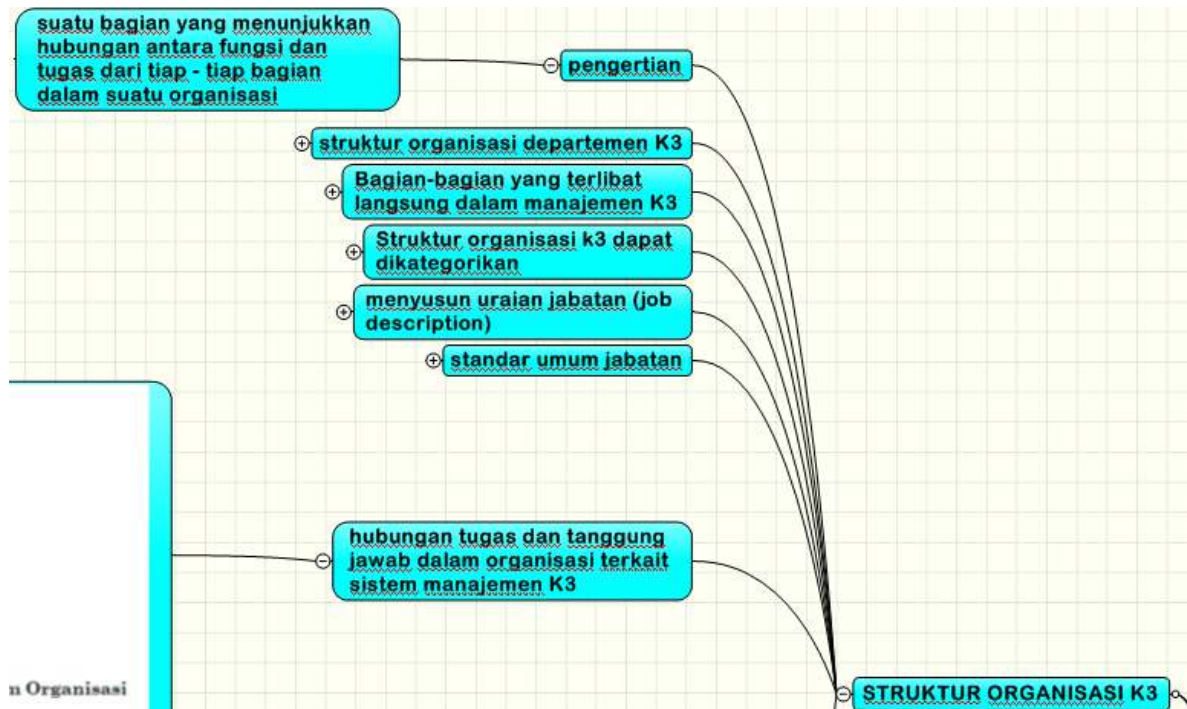
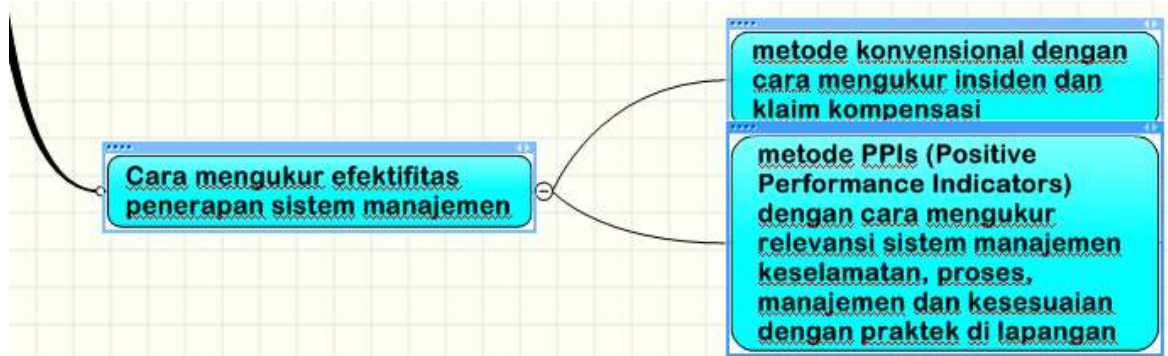
Rekomendasi ditujukan kepada Pimpinan Perusahaan , setelah disetujui maka pimpinan menunjuk tanggung jawab pelaksanaannya kepada Bagian/ Group terkait (yang ada hubungannya dengan masalah tersebut). Jika ditolak harus diadakan penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan alasan-alasannya. Setiap rekomendasi yang dikeluarkan harus dibukukan secara baik dengan segala perkembangannya.

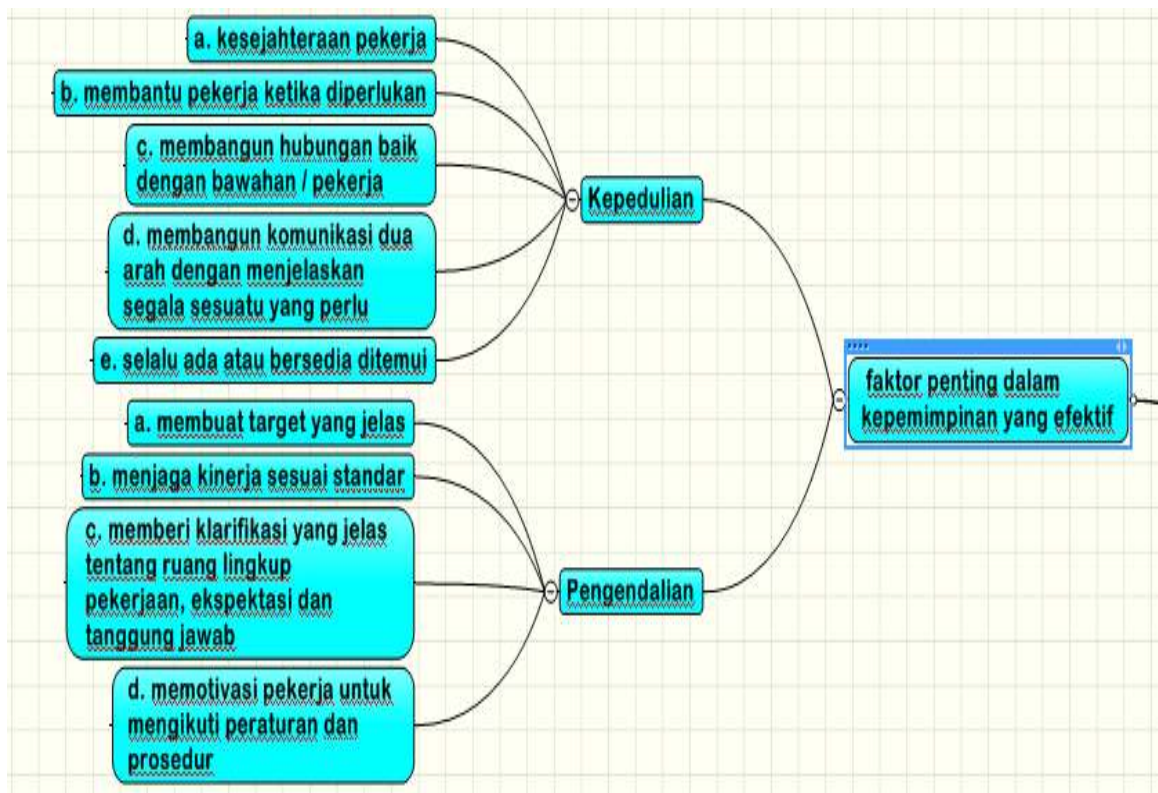
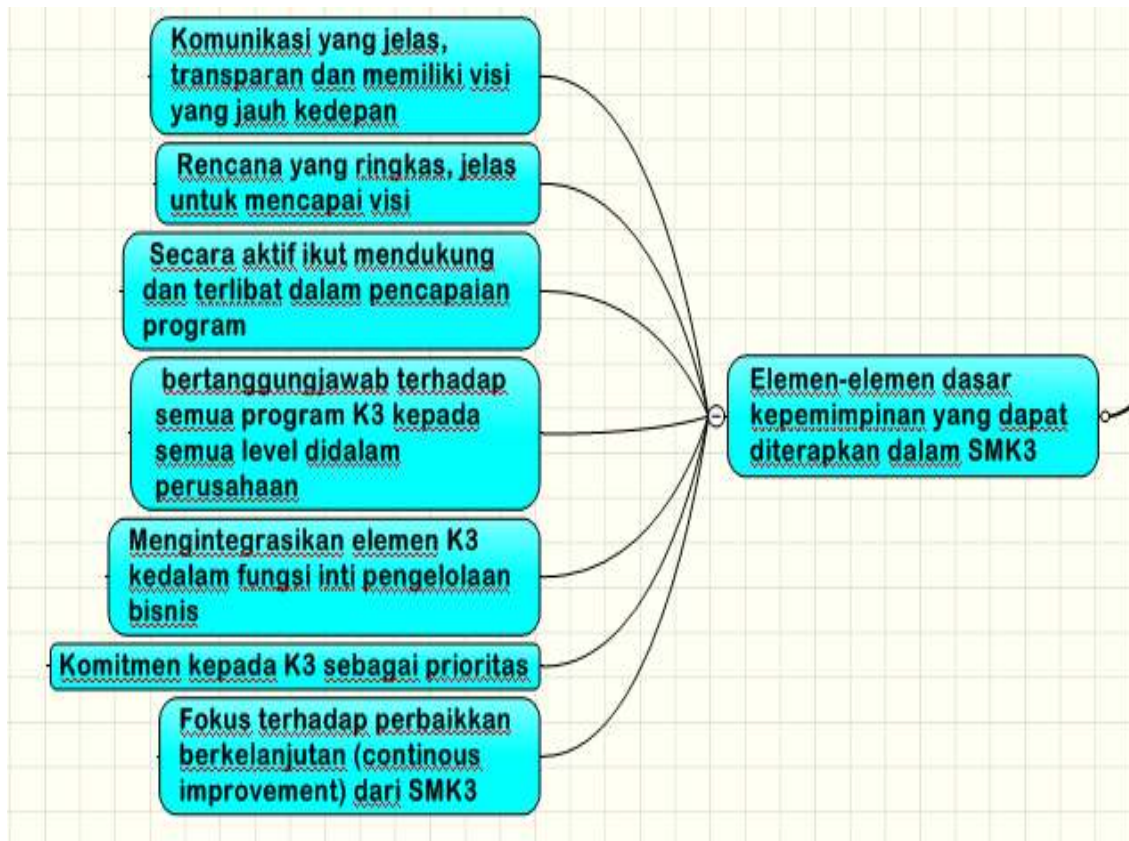
H. Kesimpulan

1. Kepemimpinan yang efektif didalam K3 membutuhkan senior manajemen yang dapat mengembangkan dan mengimplementasikan rencana strategis yang akan masuk kedalam “hati dan otak” pekerja, dan secara personal menunjukkan semangat dan keinginan yang tinggi terhadap adanya perubahan kearah yang lebih baik dan menjadi model atau contoh perilaku yang dapat diikuti atau diteladani oleh semua pekerja, serta memaksimalkan atau mengoptimalkan penggunaan sumberdaya yang ada untuk meningkatkan produktifitas dalam kondisi lingkungan kerja yang aman dan nyaman.
2. Struktur organisasi adalah suatu bagian yang menunjukkan hubungan antara fungsi dan tugas dari tiap – tiap bagian dalam suatu organisasi
3. Untuk memenuhi persyaratan K3, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam dalam menyusun uraian jabatan (job description), antara lain:
 - a. Struktur organisasi.
 - b. Hasil identifikasi bahaya potensial, penilaian dan pengendalian resiko.
 - c. Sasaran K3.
 - d. Persyaratan peraturan dan perundang-undangan.
 - e. Uraian jabatan yang ada.
 - f. Catatan kualifikasi personel.



Gambar 13.4 Manajemen dan Struktur K3





kepemimpinan yang efektif didalam K3 membutuhkan senior manajemen yang dapat mengembangkan dan mengimplementasikan rencana strategis yang akan masuk kedalam "hati dan otak" pekerja, dan secara personal menunjukkan semangat dan keinginan yang tinggi terhadap adanya perubahan kearah yang lebih baik dan menjadi model atau contoh perilaku yang dapat diikuti atau diteladani oleh semua pekerja, serta memaksimalkan atau mengoptimalkan penggunaan sumberdaya yang ada untuk meningkatkan produktifitas dalam kondisi lingkungan kerja yang aman dan nyaman.

Kesimpulan

1. mengkomunikasikan secara jelas kepada pekerja bagaimana cara mencapai target yang sudah ditetapkan

2. menentukan jangka waktu untuk mencapai target

3. membantu pekerja dalam mencapai target dengan menyediakan sumberdaya yang diperlukan

4. menghilangkan atau meminimalkan semua rintangan yang dapat menghalangi tercapainya target

kepemimpinan yang efektif memperlihatkan unsur-unsur kepedulian dan pengendalian

1. Kepemimpinan yang efektif didalam K3 membutuhkan senior manajemen yang dapat mengembangkan dan mengimplementasikan rencana strategis yang akan masuk kedalam "hati dan otak" pekerja, dan secara personal menunjukkan semangat dan keinginan yang tinggi terhadap adanya perubahan kearah yang lebih baik dan menjadi model atau contoh perilaku yang dapat diikuti atau diteladani oleh semua pekerja, serta memaksimalkan atau mengoptimalkan penggunaan sumberdaya yang ada untuk meningkatkan produktifitas dalam kondisi lingkungan kerja yang aman dan nyaman.

2. Struktur organisasi adalah suatu bagian yang menunjukkan hubungan antara fungsi dan tugas dari tiap - tiap bagian dalam suatu organisasi

3. Untuk memenuhi persyaratan K3, beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menyusun uraian jabatan (job description), antara lain:
a. Struktur organisasi.
b. Hasil identifikasi bahaya potensial, penilaian dan pengendalian resiko.
c. Sasaran K3.
d. Persyaratan peraturan dan perundang-undangan.
e. Uraian jabatan yang ada.
f. Catatan kualifikasi personal.

Kesimpulan

BAB XIV SEKILAS TENTANG PDKB

Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) seperti yang dikenal di Indonesia terutama di lingkungan PLN (Persero) adalah pekerjaan dalam keadaan bertegangan (hot line maintenance), dimana pekerjaan ini biasanya menggunakan peralatan-peralatan yang sifatnya isolasi dengan tingkat ketahanan tegangan tertentu untuk dapat melaksanakan pekerjaan pemeliharaan pada jaringan listrik terutama untuk tegangan menengah (TM) dan tegangan tinggi/ tegangan ekstra tinggi (TT/TET). Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) adalah pekerjaan pemeliharaan, perbaikan atau penggantian isolator serta kelengkapan konduktor maupun komponen lainnya pada jaringan listrik tanpa memadamkan jaringan yang sedang beroperasi. Dengan demikian kelangsungan suplai listrik tetap terjaga dan selama pekerjaan tersebut pelanggan tidak perlu mengalami pemadaman. (Oleh Syahrul Salam, 2009: PDKB Tingkatkan Kualitas Pelayanan).

PDKB telah dikembangkan sejak 1993 di hampir seluruh unit pelayanan PLN. Jumlah personil PDKB Tegangan Menengah (TM) adalah 488 orang dan PDKB Tegangan Tinggi (TT)/ Tegangan Ekstra Tinggi (TET) adalah 168 orang yang tersebar di 15 unit PLN Wilayah/Distribusi dan 2 unit PLN Penyaluran dan Pusat Pengatur Beban (P3B) yaitu P3B Jawa Bali dan P3B Sumatra. Pekerjaan ini memang mengandung resiko besar karena jaringan listrik dipelihara tanpa dipadamkan, sehingga kesalahan atau kekeliruan sedikit dalam bekerja bisa berakibat fatal atau menyebabkan kematian bagi pelaksana lapangan. Oleh karena itu standing operation procedure (SOP) benar-benar wajib ditaati oleh petugas. Tim PDKB bekerja dengan motto: Safety, Safety, Safety. Manusia selamat, peralatan selamat, dan sistem jaringan listrik selamat. Bagi petugas, safety pertama adalah selamat di perjalanan menuju tempat tugas. Safety kedua, selamat saat bertugas, dan Safety ketiga, selamat tiba kembali di rumah.

1. Pengertian PDKB

PDKB seperti yang dikenal di Indonesia terutama di lingkungan PLN (Persero) adalah pekerjaan dalam keadaan bertegangan (hot line maintenance), dimana pekerjaan ini biasanya menggunakan peralatan-peralatan yang sifatnya isolasi dengan tingkat ketahanan tegangan tertentu untuk dapat melaksanakan pekerjaan pemeliharaan pada jaringan listrik terutama untuk tegangan menengah (TM) dan tegangan tinggi (TT/TET).

2. Tujuan PDKB

Tujuan dari Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB) adalah untuk memperbaiki atau memelihara jaringan listrik tanpa memadamkan listrik, sehingga aktivitas masyarakat tidak terganggu. Ada beberapa keuntungan dari PDKB, baik dari sisi pekerjaan, atau pun dari sisi penjualan energi ke konsumen. Dari sisi pekerjaan, keuntungannya:

- a. PDKB dapat ditunda pekerjaan jika tidak selesai dalam 1 hari dan dapat diselesaikan pada esok harinya karena listrik tidak padam.
- b. PDKB memiliki peralatan yang lengkap dan aman. Dari sisi penjualan energi, karena tegangan tidak padam maka energi yang disalurkan akan maksimum dan menghasilkan keuntungan secara finansial perusahaan.



Gambar 14.1. Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan

3. Peraturan Pemerintah tentang Pekerjaan dalam Keadaan Bertegangan

Berdasarkan Keputusan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, Direktur Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi Nomor. 291-12/40/600.4/2004 tentang Penetapan Himpunan Ahli Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB), “GEMA PDKB” sebagai lembaga sertifikasi kompetensi tenaga teknik bidang distribusi dan bidang transmisi tenaga listrik, sub bidang operasi dan pemeliharaan, Direktur Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi selaku Komisi Akreditasi Kompetensi Ketenagalistrikan.

a. Menimbang:

- 1) Bahwa berdasarkan permohonan akreditasi yang telah diajukan oleh Himpunan Ahli Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan “GEMA PDKB”, GEMA PDKB telah memenuhi syarat untuk diakreditasi sebagai lembaga yang berwenang melaksanakan sertifikasi kepada tenaga teknik bidang distribusi dan bidang transmisi tenaga listrik sub bidang operasi dan pemeliharaan.
- 2) Bahwa berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor: 2052 K/40/MEM/2001 tanggal 28 Agustus 2001 tentang Standarisasi Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan, Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi berfungsi sebagai Komisi Akreditasi Ketenagalistrikan yang berwenang untuk memberikan Akreditasi.
- 3) Bahwa berdasarkan pertimbangan huruf a dan b dipandang perlu untuk menetapkan Himpunan Ahli Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan “GEMA PDKB” sebagai Lembaga Sertifikasi Kompetensi Bidang Distribusi dan Bidang Transmisi Tenaga Listrik Sub Bidang Operasi dan Pemeliharaan dalam Keputusan Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi.

b. Mengingat:

- 1) Undang-undang Nomor 20 tahun 2002 tentang Ketenagalistrikan (Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2002 Nomor 94 Tambahan Lembaran Negara Nomor: 4226).

- 2) Keputusan Presiden Nomor 234/M Tahun 2003 tanggal 1 Desember 2003 tentang Pengangkatan Eselon I di Lingkungan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral;
- 3) Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor : 2052 K/40/MEM/2001 tentang Standardisasi Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan.
- 4) Keputusan Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Nomor : 1898/40/600.4./2001 tentang Persyaratan dan Tata Cara Akreditasi Lembaga Sertifikasi Kompetensi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan.
- 5) Keputusan Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi Nomor : 1899/40/600.4/2001 tentang Persyaratan dan Tata Cara Sertifikasi Tenaga Teknik Ketenagalistrikan.

c. Memperhatikan:

Surat Himpunan Ahli Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan "GEMA PDKB" No. 004/005/GPDKB/2004 tanggal 11 Mei 2004.

d. Memutuskan:

- Pertama Mengakredit Himpunan Ahli Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan "GEMA PDKB" berkedudukan di Jalan Kedung Mundu, Salak Utama, Semarang 50061 sebagai Lembaga Sertifikasi Kompetensi untuk melakukan sertifikasi kepada tenaga teknik Bidang Distribusi dan Bidang Transmisi Tenaga Listrik Sub Bidang Operasi dan Pemeliharaan.
- Kedua Dalam melaksanakan sertifikasi tenaga teknik, Himpunan Ahli Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan "GEMA PDKB" harus mengikuti persyaratan dan tata cara sertifikasi tenaga teknik ketenagalistrikan sesuai ketentuan yang berlaku.
- Ketiga Himpunan Ahli Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan "GEMA PDKB" melaporkan pelaksanaan tugas ini kepada Direktur Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi setiap 6 (enam) bulan sekali.
- Keempat Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan sampai tanggal 30 September 2007, dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki sebagaimana mestinya apabila dikemudian hari terdapat kekeliruan dalam keputusan ini.

A. Metode PDKB

Pekerjaan PDKB pada sistem tegangan tinggi antara 20 kV – 500 kV, menggunakan metode yang berbeda-beda sesuai dengan tegangan kerja. Pekerjaan ini semua dapat dilakukan dengan metode apa saja dan tergantung dari kondisi lapangan yang mendukung dalam melaksanakan pekerjaan tersebut. Sehingga pada beberapa kesempatan, setiap metode memiliki perbedaan pada waktu dan cara pelaksanaannya.

Ada beberapa metode yang digunakan dalam melakukan pekerjaan PDKB, setiap metode memiliki beberapa keunggulan dan keuntungan pada kondisi tertentu. Dibeberapa kesempatan, metode-metode ini digabungkan untuk mempermudah dalam melakukan pekerjaan. Metode yang digunakan dalam PDKB antara lain:

1. Metode Berjarak (Distance Method)

Metode ini menggunakan Tongkat Isolasi (Hot Stick atau Distance Method), yang biasanya untuk jaringan dengan Tegangan Menengah dan Tinggi (Saluran Udara Tegangan Tinggi/SUTT), misalnya jaringan bertegangan 20 kV/kilo Volts - 150 kV. Metode berjarak adalah metode yang paling populer dilakukan di Indonesia, semua tim PDKB di PLN bermula dengan melakukan pekerjaan dengan metode ini. Metode ini adalah pekerjaan PDKB yang dilakukan oleh petugas PDKB (electrician) dengan dilengkapi alat pelindung diri, tangga yang dipasang pada tiang, alat pemanjat tiang, dan menggunakan stick PDKB (hot stick) dengan jarak minimum dari jaringan bertegangan adalah 72 cm (dari : Work On Energined Distribution Line). Biasanya dalam 1 tim PDKB untuk metode berjarak terdiri atas 6-7 orang, dilengkapi dengan kendaraan yang berisi peralatan hot stick, tangga dan peralatan penunjang lainnya. Berikut adalah kelebihan dan kelemahan menggunakan metode berjarak (distance method) antara lain:

a. Keuntungan dari metode berjarak adalah:

- 1) Semua petugas PDKB pada awal mula melakukan pekerjaan di PDKB sudah mengenal metode ini.
- 2) Dapat melakukan semua pekerjaan yang dekat dengan tiang, walaupun lokasi sulit dicapai kendaraan (contoh: ditengah sawah).

b. Kekurangan dari metode berjarak adalah:

- 1) Membutuhkan orang yang lebih banyak dalam melakukan pekerjaan (1 regu minimal 6-7 orang).
- 2) Peralatan yang dibutuhkan sangat banyak, karena dalam suatu kondisi pekerjaan dibutuhkan peralatan yang cukup banyak (contoh: penggunaan three phase boom).
- 3) Investasi jangka panjang akan lebih mahal dari pada metode rubber gloves karena lebih banyak dalam penggantian peralatan hampir setiap tahunnya.
- 4) Tidak bisa atau sulit sekali melakukan pekerjaan di tengah gawang (atau diantara tiang ke tiang lainnya), contoh : perbaikan conductor.

2. Metode Sentuh Langsung (Direct Contact Method)

Metode dengan menyentuh langsung (Direct Contact Method), yang biasanya untuk Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dan Ultra Tinggi (misalnya jaringan dengan tegangan 230 kV-500 kV).



Gambar 14.2. Metode Sentuh Langsung



Gambar 14.3. Metode Sentuh Langsung

3. Metode Rubber Gloves

Metode Rubber Gloves biasanya menggunakan Aerial lift device menggunakan Sarung Tangan Karet (Rubber Glove Method), biasanya untuk jaringan Tegangan Rendah (misalnya 480 Volts - 1500 Volts). Metode Rubber Gloves atau biasanya di PLN sendiri disebut sebagai Metode Sentuh Langsung adalah pekerjaan PDKB yang dilakukan oleh petugas PDKB dengan dilengkapi alat pelindung diri dan melakukan pekerjaan dengan kontak secara langsung dengan saluran udara bertegangan.

Dimana pada pelaksanaannya menggunakan mobil aerial device dengan satu atau dua keranjang (bucket) dan dilengkapi alat bantu dan stick. Untuk PDKB ditegangan menengah, menggunakan metode ini. Diperlukan maksimum adalah 3 orang petugas PDKB dalam tiap regunya. Metode ini sudah meninggalkan tangga untuk melakukan pemanjatan dan mengurangi penggunaan stick-stick panjang dalam melaksanakan pekerjaannya karena sudah dibantu oleh mobil aerial lift device. Berikut adalah kelebihan dan kelemahan menggunakan metode berjarak (Distance method) antara lain :

a. Keuntungan dari Metode Rubber Gloves adalah:

- 1) Membutuhkan orang yang sedikit dalam melakukan pekerjaan (2-3 orang).
- 2) Peralatan jauh lebih sedikit bila dibandingkan dengan metode berjarak.
- 3) Investasi jangka panjang jauh lebih menguntungkan bila dibandingkan dengan metode berjarak.
- 4) Jauh lebih aman (low risk), karena selain dilengkapi alat pengaman diri, kendaraan aerial liftnya minimal sudah terisolasi hingga 46 kV (kelas C).
- 5) Mampu melakukan semua jenis pekerjaan, baik itu pekerjaan yang dekat dengan tiang ataupun pekerjaan yang jauh dari tiang (tengah gawang).

b. Kekurangan dari Metode Rubber Gloves adalah:

- 1) Pada posisi jalan yang sempit, kendaraan aerial lift cukup mengganggu pada saat melakukan pekerjaan.
- 2) Untuk tiang atau objek yang agak menjorok kedalam atau yang jauh dari jalan, agak sulit dalam melakukan pekerjaan ini.
- 3) Tinggi jangkauan, alat terbatas, tergantung tipe dan jenis aerial lift-nya.

4. Metode Platform

Metode ini adalah metode gabungan antara metode berjarak dan metode rube gloves. Semua metode tersebut dilaksanakan di PLN. PDKB pada sisi tegangan menengah 20 kV (SUTM) telah dilaksanakan oleh PLN Distribusi se-Indonesia sedangkan PDKB pada sisi tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi (SUTT/SUTET) dilaksanakan PT PLN (Persero) P3B Jawa Bali tahun 2004.

PLN melakukan evaluasi secara terus menerus atas pelaksanaan PDKB, sebagai bagian dari pembelajaran berkelanjutan. Proses evaluasi terhadap pelaksanaan PDKB dilakukan bersamaan dengan kegiatan konvensi PDKB yang dilaksanakan secara periodik tahunan. Pada Konvensi PDKB dibahas kendala-kendala lapangan dan instruksi kerja (IK). Prestasi yang dicapai 5 tahun terakhir, Tim PDKB mampu menyelamatkan energi listrik rata-rata sebesar 415.196 MWh (setara dengan Rp. 280 miliar) per tahun untuk PDKB TM dan 376.446 MWh (setara dengan Rp 280.4 miliar) per tahun untuk PDKB TT/TET.

B. Alat Pengaman Diri dan Peralatan Keselamatan Kerja

Alat pengaman diri dan peralatan keselamatan kerja adalah dua hal yang saling berkaitan satu sama lain.

1. Alat Pengaman Diri

Peralatan Keselamatan Ketenagalistrikan (K2) yang diperlukan (Minimal Requirement sesuai Kriteria), antara lain:

a. Alat Pelindung Diri (APD)

- 1) Topi pengaman (helm pengaman)
- 2) Sarung tangan khusus 150 kV
- 3) Sarung tangan biasa (kain/kulit)
- 4) Sepatu kerja tahan 150 kV
- 5) Sepatu kerja tahan pukul/ bot
- 6) Sepatu kerja anti air /bot
- 7) Sepatu kerja biasa
- 8) Sabuk pengaman
- 9) Pakaian kerja (Workpack)
- 10) Jas hujan
- 11) Pelindung pernafasan/ masker
- 12) Kotak P3K beserta isinya
- 13) Alat pemadam api ringan (APAR) ukuran 6 kg

b. Alat Kerja Keselamatan Ketenagalistrikan (K2)

- 1) Shackel stock 150 kV
- 2) Grounding set
- 3) Voltage detector
- 4) Tangga fiber/ aluminium 11 m, 9 m dan 2 m
- 5) Radio komunikasi base station, Mobil dan HT
- 6) Papan peringatan
- 7) Pita batas tanda bahaya (PLN Line)
- 8) Senter atau lampu darurat
- 9) Katrol
- 10) Trackel 2,5 ton
- 11) Tali tambang dan kawat baja sling

c. Aksesoris K3

Komponen pendukung yang bertujuan untuk memberikan peringatan bahaya dan informasi di sekitar saluran transmisi.

1) Penghalang panjat/ ACD (Anti Climbing Device)

Penghalang panjat berfungsi untuk menghalangi orang yang tidak berkepentingan untuk naik tower. Penghalang panjat dibuat runcing, berjarak 10 cm dengan yang lainnya dan dipasang di setiap kaki tower dibawah Rambu tanda bahaya.



Gambar 14.4. Penghalang panjat/ ACD (Anti Climbing Device)

2) Tanda penghantar & nomor tiang. Komponen ini berfungsi untuk identitas tower.



Gambar 14.5. Tanda Penghantar & Nomor Tiang

3) Tanda bahaya. Komponen ini berfungsi untuk memberikan peringatan bahaya tegangan tinggi.



Gambar 14.6 Tanda Bahaya

4) Ball sign. Komponen ini berfungsi untuk memberi tanda bagi pesawat yang lewat yang terpasang pada konduktor dan konduktor petir.



Gambar 14.7. Ball Sign

- 5) Lampu penerbangan (aviation light), adalah rambu peringatan berupa lampu terhadap lalu lintas udara, berfungsi untuk memberi tanda kepada pilot pesawat terbang bahwa terdapat konduktor transmisi. Jenis lampu penerbangan yang terpasang pada tower dengan suplai dari jaringan tegangan rendah.



Gambar 14.8. Lampu Penerbangan Tower

2. Peralatan Keselamatan Kerja

Job Safety Analysis (JSA) merupakan Sebuah metode identifikasi yang digunakan untuk menganalisa kegiatan kerja yang dilakukan terhadap potensi bahaya yang dihadapi ketika menjalankan pekerjaan tersebut. Merupakan cara yang efektif untuk membantu mengurangi atau menurunkan terjadinya insiden, kecelakaan atau bahkan cedera yang terjadi ditempatkerja.

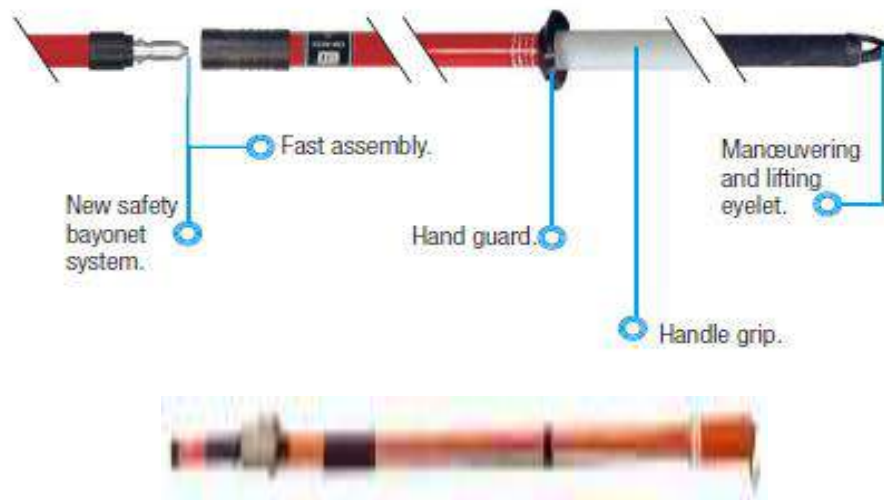
a. Peralatan yang digunakan pada PDKN 150 kV – 500 kV

1) Hot Line Tools PDKB

Isolasi tabung busa diisi dari luar 32 mm diameter terbuat dari fiberglass yang kuat, warna oranye. Kendali isolasi dengan bagian kepala sintetis. Hook dan mekanisme dibuat menggunakan perunggu dan material aluminium paduan cahaya. Hook pole adalah peralatan yang digunakan untuk pemasangan dan pembongkaran peralatan yang akan dipasang di konduktor bertegangan.

Tabel 14.1. Spesifikasi Hoke Tools

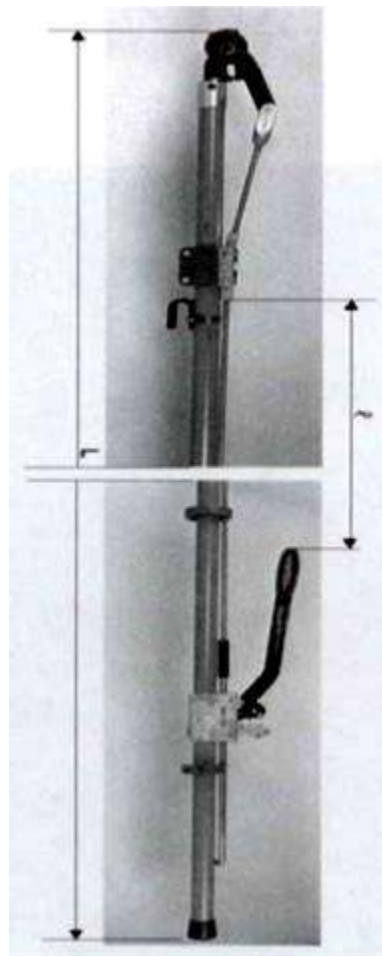
Reference	Length / mm	Weight / Kg
PCT 180S – PCT180E	1715	2.5
PCT 200S – PCT200E	1915	2.6
PCT 260S – PCT260E	2515	2.9
PCT 320S – PCT320E	3115	3.6
PCT 380S – PCT380E	3715	4.2



Gambar 14.9. Hook Pole

2) Rack Wire Cutter

Isolasi tabung & operasi batang dalam bahan sintetis. Serat kaca diperkuat, warna oranye. Panjang : 2.40, Diameter Tabung : 32 mm, Diameter Kontrol : 10 mm, Cutting Capacity : All cables cooper, aluminium Alloy, Steel Aluminium with a cross section $\leq 228 \text{ mm}^2$, Approximative weight : 7 Kg.



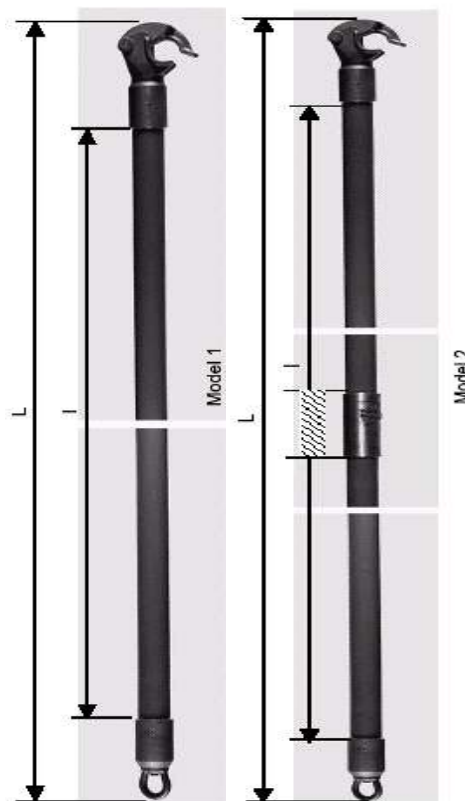
Gambar 14.10. Rack Wire Cutter

3) Conductor Support Pole (CSP)

Konduktor ini terbuat dari busa isolasi tabung oranye yang digunakan untuk memindahkan dan tahan konduktor energi selama cincin pemeliharaan operasi putar dan memegang dilindungi terhadap korosi

Tabel 14.2. Conductor Support Pole

	(Model 1)				(Model 2)
	PI-5	PI-6	PI-8	PI-9	PM-9
Total length L (m)	2.30	3.30	3.60	4.30	5.10(1)
Insulating length l (m)	2.40	3.00	3.50	4.00	4.50(2)
Diameter of the tube (mm)	39	63	63	63	63
Holding vice capacity (mm)	4 to 50	4 to 50	4 to 50	4 to 50	4 to 50
Approximate weight (kg)	4.3	8.2	10.4		15.1



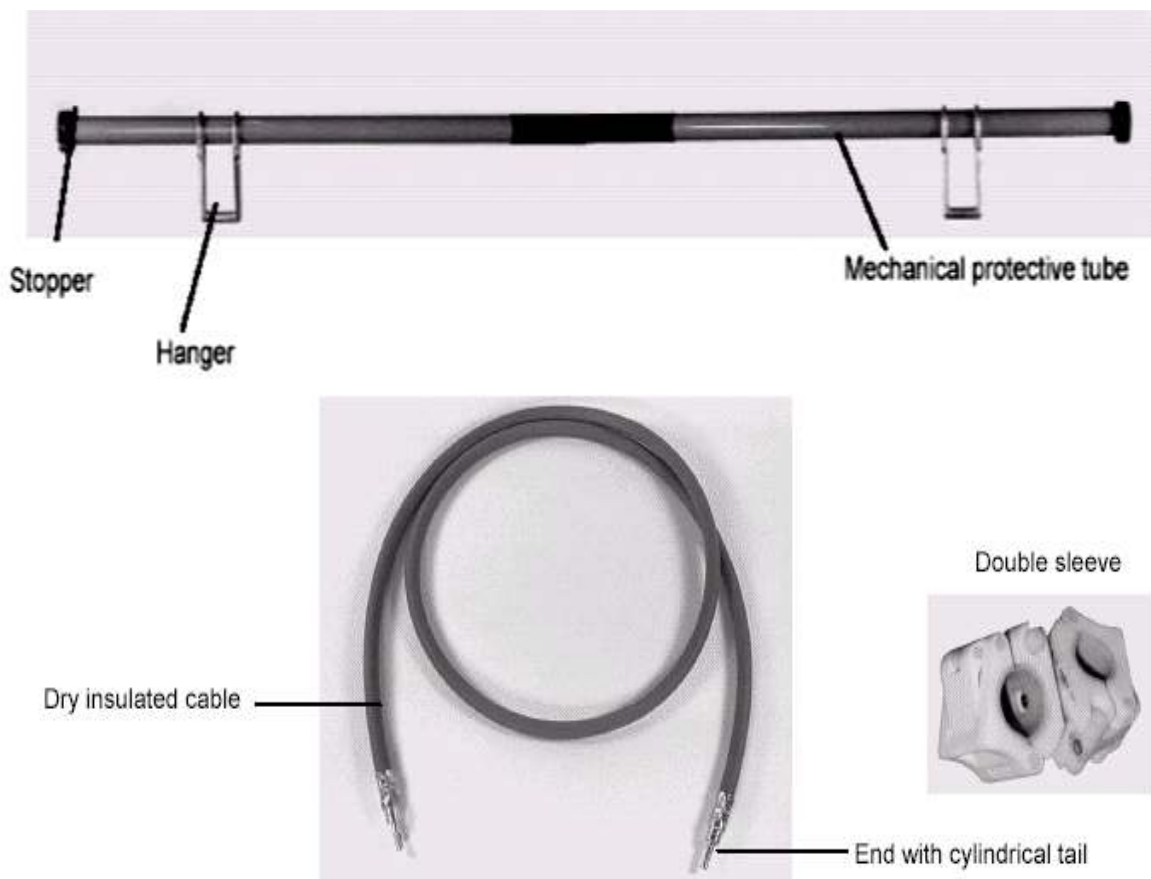
Gambar 14.11. Conductor Support Pole

4) By – Pass Jumper

By – Pass jumper digunakan untuk membuka sebuah rangkaian tanpa memodifikasi diagram Jaringan. Karakteristiknya adalah : By pass jumper adalah peralatan yang digunakan untuk penyambungan, biasanya digunakan pada pekerjaan jumper pada konstruksi Tegangan Menengah (TM).

Spesification:

Circular core Section (mm ²)	Cable - multibraid Copper 50
Maximum allowed intensity (A)	250
Metal screen protection	Without
Colour	Synthetic elastomer
Usual length (m)	Red
Linear mass (kg/m)	4 - 8 to 10
	1.3

**Gambar 14.12. Metode Sentuh Langsung By – Pass Jumper****5) Rangers Boots**

Pada kulit (ukuran tersedia: 38-47) boot jenis Ranger ganda yang dipasang kulit tahan air dan oilproof khusus Sewn Baja. Pemasangan tutup jari kaki dan kuku yang dilindungi baja tunggal yang ditutupi dengan bahan dielektrik Insulated dan anti-statis tunggal dengan koefisien Boot tinggi tanpa staples, paku payung atau paku keling. Kotak ukuran: 350 x 320 x 140 mm - rata-rata berat: 1,9 kg CE - Sesuai dengan norma EN 345-1 & 344-1



Gambar 14.13. Rangers Boots

6) Insulated Rubber Latex Gloves

Untuk pekerjaan pada rendah dan menengah kabel kelas tegangan 3. Sarung tangan konfirmasi ke standar NF EN 60903 dan CEI 903-EC Marking. Disertakan dengan instruksi dan terlindung dari cahaya. Dalam pengepakan masing-masing Of 500 x 220 x 20mm.



Gambar 14.14. Insulated Rubber Latex Gloves

Reff	Size	Designation	Colour	Length (cm)	Thickness (mm)	Inner Coating	Outer Finish
TG22	9	30000 Volts CLASS 3	Beige	36 ±1.5	2.7	Smooth	smooth
TG23	10	30000 Volts CLASS 3	Beige	36 ±1.5	2.7	Smooth	smooth
TG24	11	30000 Volts CLASS 3	Beige	36 ±1.5	2.7	Smooth	smooth

7) Safety Belt, Sabuk kulit, diperkuat dengan tali poliamida.

- Satu bagian a sabuk 50mm lebar di kulit chrome diperkuat dengan tali poliamida, dilengkapi dengan 2 cincin "d".
- Leateher dengan 4 "d" cincin untuk memasang sabuk untuk digunakan sebagai sabuk "amerika" ganda atau ketika bekerja pada saluran listrik hidup.
- Sandaran juga memiliki 2 tali cincin layanan atau alat
- Sabuk ini memungkinkan kombinasi yang berbeda, yaitu, C 67 model 2 dan 3
- Tersedia dalam 3 ukuran: PT = 800 sampai 1000mm, TM = 950 untuk 1250mm, GT = 1100 untuk 1400mm
- Rata-rata berat = 2,3 kg
- Sesuai standar C18435 dan EN 358



Gambar 14.15. Safety Belt

- 8) **Rope Block**, Blok tali yang digunakan untuk menyesuaikan konduktor atau mengubah posisi jaringan triangulasi dilakukan dengan isolasi tongkat pada pendukung. Blok tali terbuat dari fiberglass memperkuat poliester.
- Maksimum beban dinilai: 1300
 - Pengujian beban: 7800 Dan (tes tanpa suara jelas atau deformasi terlihat)
 - 2 blok dengan 3 roda alur mm 120x90 dan 2,2. kg masing-masing, dilengkapi dengan hook putar & sebuah menangkap penguncian disesuaikan keselamatan dalam anti-penuaan baja
 - Blok Rope disertakan dengan 50 m dari \varnothing 12 tali nilon poliamida mm dikepang
 - Secara keseluruhan berat 9,7 kg



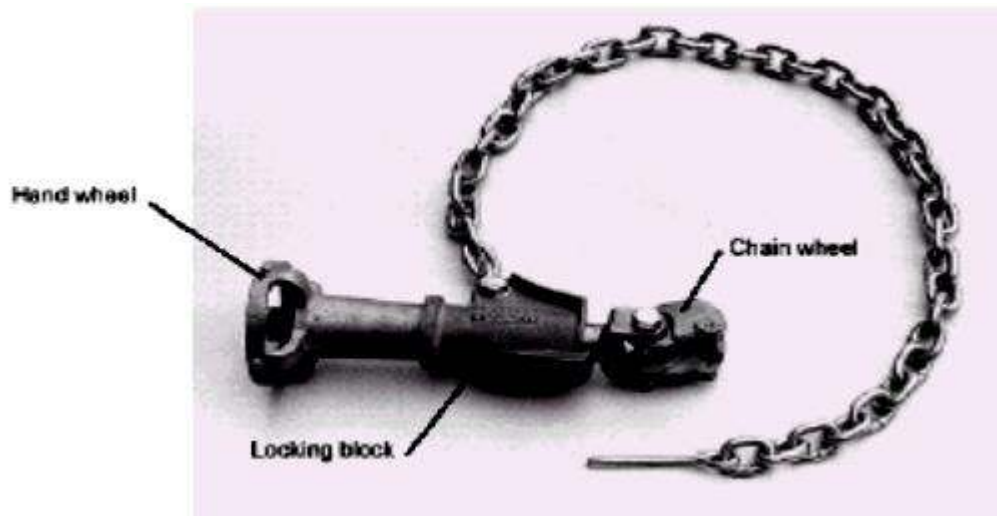
Gambar 14.16. Rope Block

- 9) **Lift Type SADDLL**, Untuk mengamankan posisi penjepit kawat selama mengangkat atau menurunkan konduktor Adaptor memungkinkan untuk mengubah tuas jenis pelana angkat tunggal untuk tipe ganda bila diperlukan buatan bahan paduan ringan dilindungi terhadap korosi. Bekerja beban hingga 500 Kg Berat 3,9 Kg.



Gambar 14.17. Lift Type SADDLL

- 10) **Chain Tigtener**, Didesain untuk mengamankan peralatan yang berbeda seperti sadel jenis angkat, sadel jenis tiang, mendukung, terbuat dari bahan perunggu dan baja dilindungi terhadap korosi. Rantai panjang 900 mm , Maksimum kerja beban 1200 Kg, Berat 1,40 Kg.



Gambar 14.18. Chain Tigtener

- 11) **Fiber Glass Insulating Section Spliced**, Serat kaca pada bagian isolasi disambung yang terbuat dari fiberglass komposit.
- a) Isolasi: 30 kV.
 - b) Tegak pultruded penampang L 60 x 16 mm
 - c) Fiberglass komposit anak tangga \varnothing 30mm
 - d) Lebar: 280mm
 - e) Jarak Antara anak tangga: 300mm
 - f) Fiberglass Removable membuai

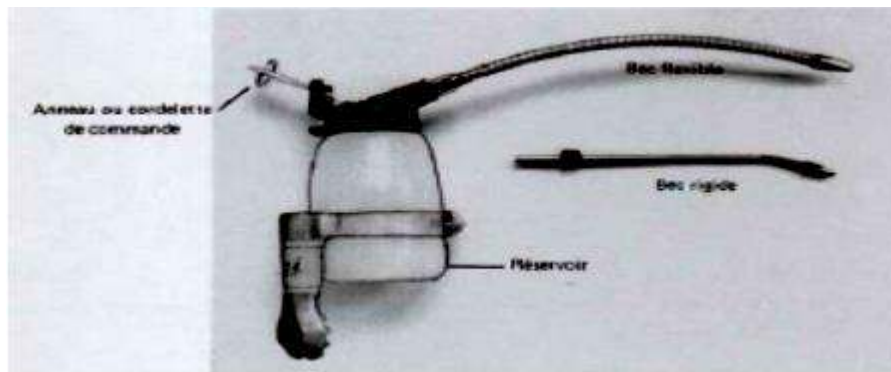


Gambar 14.19. Fiber Glass Insulating Section Spliced

Reference	Description	Length	Number Of Rungs	Number Cradle + Strap	Weight
EI120	Fiberglass Insulating Section 1.2 m	1.20	4	1	3.6
EI210	Fiberglass Insulating Section 2.1 m	2.10	7	2	5.8
EI300	Fiberglass Insulating Section 3.0 m	3.0	10	2	7.3

12) Oil Can

Oli ini digunakan sampai akhir universal tiang, dan digerakkan oleh tiang dasi digunakan untuk mengoles jarak roda gigi seperti saklar baris. Universal akhir-piece dengan kerah memperbaiki, cincin operasi, fleksibel dan spouts kaku dalam logam yang dilindungi terhadap korosi. Panjang : Fleksibel cerat: 200mm, Kaku Spout: 150mm, Kapasitas: 200 atau 250cm³, Approximative berat: 0,35 kg.



Gambar 14.20. Oil Can

13) Hydraulic Cutter



Gambar 14.21. Hydraulic Cutter

14) Kompresor



Gambar 14.22. Kompresor

15) Harness



C. Implementasi Penggunaan APD

1) Pemakaian Helm

Peralatan pelindung kepala dirancang untuk melindungi kepala pemakainya dari dampak dan benturan benda yang jatuh atau partikel yang melayang dan dalam beberapa kasus dari kejutan listrik atau kebakaran. Pelindung kepala juga dapat melindungi kepala dan rambut dari bahaya mesin atau lingkungan yang berbahaya.

Disamping itu, para profesional K3 harus selalu waspada terhadap setiap perubahan kondisi operasi yang dapat menimbulkan kebutuhan akan pelindung kepala. ANSI Standar Z89.1-1986 mendefinisikan 3 klas helm yaitu:

- a) Clas A : helm yang ditujukan untuk melindungi kepala dari tekanan akibat benturan benda melayang dan dari kejutan listrik selama kontak dengan konduktor bertegangan rendah.
- b) Clas B : helm yang ditujukan untuk melindungi kepala dari tekanan benda yang melayang dan dari kejutan listrik tegangan tinggi.
- c) Clas C : helm yang ditujukan untuk melindungi kepala dari tekanan benda yang jatuh.

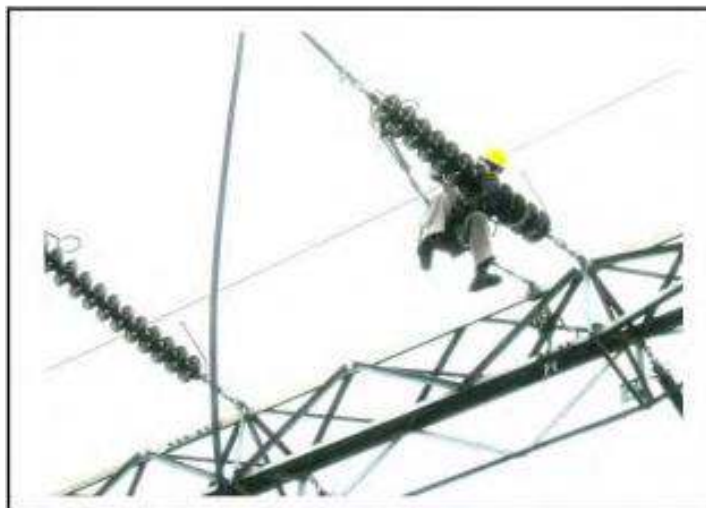
Meskipun jarang disebutkan, namun chin straps biasanya ditambahkan sebagai pelengkap pada helm. Chin straps menjaga helm agar tidak terjatuh pada saat posisinya kaku dan selama terjadi benturan. Semua pekerja, karyawan dan tamu harus mengenakan topi (helmet) dan sepatu pengaman saat berada lokasi kerja. Di bawah ini adalah contoh dari implementasi dari penggunaan perlengkapan pelindung tubuh.



Gambar 14.24. Implementasi Pemakaian Helm

2) Pemakaian sabuk pengaman

Sabuk pengaman dan tali penyelamat harus dikenakan saat bekerja pada ketinggian diatas meter. Dibawah ini adalah contoh pemakaian sabuk pengaman saat melakukan pekerjaan di ketinggian.



Gambar 14.25. Implementasi Pemakaian Sabuk Pengaman

3) Pemakaian Sarung tangan

Pemakaian Sarung tangan harus dipakai sewaktu memegang barang atau benda yang menimbulkan listrik atau pada saat memperbaiki listrik tegangan tinggi / Instalasi listrik. Contoh implementasi sarung tangan yang harus dipakai oleh gardu induk tegangan tinggi.



Gambar 14.26. Implementasi Pemakaian Sarung Tangan

4) Pemakaian Pakaian seragam operator Gardu Induk Tegangan Tinggi

Implementasi penggunaan baju dan helm pekerja gardu induk tegangan tinggi.



Gambar 14.27. Implementasi Pemakaian Pakaian Seragam



Gambar 14.28. Implementasi Pemakaian Belt

D. Peraturan Umum K3 Yang Perlu Dilaksanakan

Dalam penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) pada PT PLN Persero, terdapat beberapa peraturan umum yang harus dilaksanakan oleh seluruh staff dan karyawan. Berikut ini merupakan beberapa peraturan umum yang harus dilaksanakan, antara lain:

- 1) Seluruh karyawan dan pekerja yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan harus memahami dan mematuhi kaedah, dan peraturan keelamatan dan kesehatan kerja.
- 2) Semua yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan harus peduli dan tanggap akan bahaya kebakaran yang mungkin timbul.
- 3) Penanggungjawab K3 harus menetapkan sanksi atau hukuman terhadap pelanggaran peraturan K3.
- 4) Orang yang berkepentingan dilarang masuk.
- 5) Semua yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan yang berupa perbaikan gardu induk harus peduli dan tanggap untuk menjaga kerapihan dan kebersihan pada lokasi perbaikan.
- 6) Pada lokasi-lokasi yang berbahaya harus dipasang tanda-tanda peringatan adanya bahaya, seperti contoh dibawah ini adalah tentang daerah zona terlarang dimana daerah tersebut merupakan daerah vital dan memiliki tingkat kecelakaan cukup tinggi maka diberlakukan izin untuk masuk kesana.



Gambar 14.29. Zona Terlarang



Gambar 14.30. Contoh PDKB

E. Prosedur untuk Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan

Dalam melakukan suatu pekerjaan, kita tidak lepas dari prosedur dalam suatu pekerjaan. Prosedur ini bertujuan agar dalam melakukan suatu pekerjaan terlaksana dengan baik.

1. Pengertian Prosedur PDKB

Prosedur PDKB adalah suatu tata cara yang disusun secara sistematis untuk menerapkan kaidah - kaidah / aturan - aturan keselamatan kerja dalam melaksanakan pekerjaan pada instalasi tegangan tinggi / ekstra tinggi sehingga pekerjaan tersebut berlangsung secara aman, tertib, efektif serta efisien.

Berikut ini adalah syarat umum yang harus dilakukan pada setiap pekerjaan oleh bidang pemeliharaan sesuai dengan buku panduan keselamatan dan kesehatan kerja yang dilaksanakan untuk meminimalisasi resiko dan bahaya yang akan terjadi.

2. Prosedur untuk Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan adalah :

- a. Prosedur dan instruksi kerja yang telah disahkan, serta peralatan yang telah lulus uji oleh lembaga sertifikasi
- b. Penerimaan Surat Penunjukan Pengawasan Pekerjaan Bertegangan (SP3B) dan Surat Perintah melaksanakan Pekerjaan Bertegangan (SP2B) bertanggungjawab terhadap pelaksanaan pekerjaan meliputi : Prosedur, Instruksi kerja, Peralatan dan Material yang digunakan.
- c. Pelaksanaan PDKB TT/TET adalah Pengembangan dari pekerjaan off line.
- d. PDKB tidak boleh dilaksanakan pada pekerjaan yang tidak terencana.
- e. Pengawas K3 bertanggungjawab atas pelaksanaan, keselamatan, peralatan dan pelaksanaan pekerjaan.
- f. Keselamatan pribadi menjadi tanggung jawab masing-masing.
- g. Dalam melaksanakan pekerjaan tidak diperbolehkan ada dua kegiatan yang dapat saling mempengaruhi pergerakan konduktor/tower bila ada terjadi kegagalan peralatan atau material.
- h. Semua peralatan harus lulus uji setiap 6 bulan sekali.
- i. Semua pelaksana PDKB TT/TET harus diperiksa kesehatannya (General Check Up) setiap 6 bulan sekali.

3. Ketentuan Kerja Pada Keadaan Bertegangan :

- a. Petugas/ pelaksana pekerjaan mempunyai kompetensi yang dibutuhkan
- b. Memiliki surat ijin dari yang berwenang
- c. Dalam keadaan sehat, sadar, tidak mengantuk atau tidak dalam keadaan mabuk
- d. Saat bekerja harus berdiri pada tempat atau mempergunakan perkakas yang berisolasi dan andal.
- e. Menggunakan perlengkapan badan yang sesuai dan diperiksa setiap dipakai sesuai petunjuk yang berlaku.
- f. Dilarang menyentuh perlengkapan listrik yang bertegangan dengan tangan telanjang.
- g. Keadaan cuaca tidak mendung atau hujan.
- h. Dilarang bekerja di ruang dengan bahaya kebakaran / ledakan, lembab dan sangat panas.

F. Jenis Pekerjaan dan Kecelakaan PDKB

1. Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan (PDKB)

Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang vital bagi semua orang. Karena, tanpa adanya listrik, banyak kebutuhan perorangan, keluarga, perusahaan, pemerintah, dan sebagainya menjadi terhambat. Di Indonesia, listrik di bawah naungan PT. PLN (Persero). Tugas utama PLN kepada bangsa Indonesia pada umumnya adalah memberi pelayanan yang semaksimal mungkin melalui penyediaan energi listrik untuk kebutuhan para konsumen listrik. Dalam memberi pelayanan, PLN berusaha semaksimal mungkin melayani kebutuhan masyarakat, diantaranya yaitu mengurangi adanya pemadaman listrik, agar kebutuhan konsumen tidak terhambat. Dalam hal ini, PLN memiliki regu khusus yang menangani pemeliharaan atau perbaikan instalasi, yang disebut regu PDKB (Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan).

Tugas utama dari regu PDKB tersebut adalah melaksanakan pemeliharaan dan perbaikan Instalasi listrik dalam keadaan tidak padam, yaitu listrik tetap hidup atau menyala. Dengan adanya regu PDK tersebut, diharapkan pelayanan PLN kepada masyarakat menjadi lebih baik dengan mengurangi adanya pemadaman akibat perbaikan listrik. Dalam hal ini, di PLN, regu PDKB dibagi dua, yaitu ada PDKB Tegangan Menengah (PDKB TM) dan PDKB Tegangan Tinggi/ Extra Tinggi (DKB TT/ TET). PDKB TM tugasnya adalah melaksanakan pemeliharaan dan perbaikan instalasi listrik pada tegangan 20 kilo Volt, sedangkan PDKB TT/ TET melaksanakan tugas pemeliharaan dan perbaikan instalasi listrik pada tegangan 150 kilo Volt dan 500 kilo Volt.

2. Pekerjaan yang Dilakukan pada Sistem 150 kV

Pekerjaan pemeliharaan, penggantian dan pemasangan dengan PDKB pada jaringan listrik sistem 150 kV dapat dilakukan antara lain :

- a. Penggantian dan Pemeliharaan Isolator
- b. Penggantian dan pemeliharaan knife switch
- c. Penggantian dan pemeliharaan fuse switch
- d. Pemeliharaan dan penggantian jumper dan sambungan jaringan
- e. Penggantian lightning arrester
- f. Pemotongan dahan atau pohon yang menyentuh jaringan
- g. Pengukuran fasa
- h. Perbaikan konduktor dan joint
- i. Penggantian traves
- j. Penggantian tiang
- k. Pengaturan tiang
- l. Penggantian struktur traves, Dll.

3. Contoh Pekerjaan PDKB

Salah satu contoh dari Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan adalah pemeliharaan Gardu Induk.

a. Pemeliharaan Gardu Induk

Pemeliharaan peralatan/perlangkapan jaringan distribusi (TR/TM) yang dilaksanakan dimana objeknya dalam keadaan aktif atau bertegangan: Contoh: (a) Pemeriksaan rutin kondisi gardu yang sedang beroperasi, (b) Pengukuran beban dan tegangan gardu.

1) Pengertian

Pemeliharaan gardu distribusi adalah kegiatan yang meliputi rangkaian tahapan kerja mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga pengendalian dan evaluasi pekerjaan pemeliharaan instalasi dan system distribusi yang dilakukan secara terjadwal ataupun tidak terjadwal.

2) Tujuan pemeliharaan

Pemeliharaan gardu distribusi bertujuan agar instalasi jaringan distribusi beroperasi dengan :

- a) Aman (safe) bagi manusia dan lingkungannya.
- b) Andal (reable).
- c) Kesiapan (avaibility) tinggi.
- d) Unjuk kerja (performance) baik.
- e) Umur (live) sesuai desain.
- f) Waktu pemeliharaan (down time) efektif.
- g) Biaya pemeliharaan (cost) efisien/ ekonomis.

3) Faktor diluar teknis Pemeliharaan

Selain itu ada factor diluar teknis, tujuan pemeliharaan adalah mendapatkan simpati serta kepuasan pelanggan dalam pelayanan tenaga listrik. Untuk melaksanakan pemeliharaan yang baik perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a) Sistem harus direncanakan dengan baik dan benar dan memakai bahan atau peralatan yang berkualitas baik sesuai dengan standar yang berlaku.
- b) Sistem distribusi yang baru dibangun harus diperiksa secara teliti, apabila terdapat kerusakan kecil segera diperbaiki saat itu juga.
- c) Staff/petugga pemeliharaan harus terlatih dengan baik dan dengan jumlah petugas cukup memadai.
- d) Mempunyai peralatan kerja yang cukup memadai untuk melaksanakan pemeliharaan dalam keadaan tidak bertegangan maupun pemeliharaan dalam kondisi bertegangan.
- e) Mempunyai buku atau brosur peralatan pabrik pembuat peralatan tersebut dan harus diberikan kepada petugas terutama pada saat pelaksanaan pemeliharaan.
- f) Gambar (peta) dan catatan pelaksanaan pemeliharaan dibuat dan dipelihara untuk bahan pada pekerjaan berikutnya.
- g) Jadwal yang telah dibuat sebaiknya dibahas ulang untuk melihat kemungkinan penyempurnaan dalam pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan.
- h) Harus diamati tindakan pengamanan dalam pelaksanaan pemeliharaan, gunakan peralatan keselamatan kerja yang baik dan benar.

4) Persyaratan Teknis Pemeliharaan Gardu

- a) Pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan terpadu gardu distribusi harus mengacu kepada Standing Operation Procedure (SOP), standar konstruksi dan ketentuan-ketentuan lainya yang berlaku
- b) Peralatan kerja yang diperlukan (minimal Requirement sesuai Kriteria), antara lain :
 - (1) Generator set minimal 2.000 watt.
 - (2) Mesin las listrik dan gas.
 - (3) Mesin gerinda tangan dan listrik.
 - (4) Bor tangan dan bor listrik.

- | | |
|--|---|
| (5) Gergaji besi | (24) Oil Purifier (alat penyaring minyak trafo) bila diperlukan penyaring minyak. |
| (6) Bergaji kayu | (25) Meja dan bangku kerja |
| (7) Hydraulic Press termasuk Dies lengkap | (26) Alat komunikasi (Radio HT / HP untuk lapangan) |
| (8) Kunci pas berbagai ukuran | (27) Alat pendeteksi panas (camera infra red) |
| (9) Kunci shock berbagai ukuran | (28) Alat tes trafo |
| (10) Kunci inggris berbagai ukuran | (29) Vacuum Cleaner |
| (11) Kunci momen | (30) Air Compressor |
| (12) Tang kombinasi | (31) Bar Meter |
| (13) Volt meter 0 – 1.000 Volt | (32) Alat ukur panjang |
| (14) Ampere meter 0 – 2 Ampere | (33) Alat pendeteksi putaran fasa (Phase Indicator) |
| (15) Cos Phi Meter | (34) Alat pendeteksi posisi fasa (Phase Tracer) |
| (16) Watt meter 0 – 2.000 KW | (35) SF 6 Refiler |
| (17) Micro ohm meter 200 A | (36) Spray gun |
| (18) Multi meter (AVO Meter) | (37) Pisau cutter |
| (19) Lighting arrester Tester | (38) Pisau pengupas kabel |
| (20) Meter pengukur tahanan pentanahan | (39) Rifeter Nut Gun |
| (21) Meger 10.000 Volt | (40) Obeng set berbagai ukuran |
| (22) Meger 1.000 Volt | (41) Palu besi dan karet |
| (23) Alat test minyak isolasi (dielektrik tester) | |

b. Jadwal pemeliharaan

Pemeliharaan rutin/terencana adalah cara yang baik untuk mencapai suatu tujuan pemeliharaan karena dapat mencegah dan menghindari kerusakan peralatan. Dalam pelaksanaan pemeliharaan rutin perlu direncanakan dengan baik berdasarkan hasil pengamatan dan catatan serta pengalaman pemeliharaan terdahulu sehingga akan mendapatkan hasil yang baik, untuk itu perlu dibuat jadwal pemeliharaan. Jadwal pemeliharaan dalam kurun waktu yang berbeda sesuai dengan kebutuhan dan umur dari peralatan yang dipelihara, waktu tersebut adalah sebagai berikut:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1) Pemeliharaan mingguan | 4) Pemeliharaan semesteran |
| 2) Pemeliharaan bulanan | 5) Pemeliharaan tahunan |
| 3) Pemeliharaan triwulan | |



Gambar 14.31. PDKB Metode Rubber Gloves

c. Ketentuan bekerja didekat instalasi bertegangan

- 1) Saat bekerja harus berada pada jarak minimum aman kerja

Tabel 14.3. Jarak Aman Kerja Dalam Keadaan Bertegangan

Tegangan antara fasa dan bumi (kV)	Jarak minimum aman kerja (Cm)
1	50
12	60
20	75
70	100
150	125
220	160
500	300

- 2) Bila bekerja didekat instalasi yang lebih tinggi dari pada tegangan perlengkapan yang dikerjakan, harus dipastikan bahwa perlengkapan tersebut bebas dari kebocoran isolasi atau yang membahayakan dan sebaiknya dibumikan.
- 3) Dilarang menggunakan pengukur panjang, tali logam atau tali dengan anyaman benang logam.
- 4) Didekat bagian bertegangan, dilarang menggunakan tangga kayu atau bamboo yang diperkuat dengan batang logam yang memanjang searah dengan arus listrik
- 5) Jika jarak aman tidak dapat dipenuhi, petugas harus menggunakan pengaman dari bahan isolasi

d. Pelaporan pada pekerjaan pemeliharaan

Setiap kegiatan dan kejadian dalam pemeliharaan jaringan selalu dibuatkan laporannya. Fungsi laporan diharapkan dapat membantu manajemen dalam:

- 1) Menilai unjuk kerja jaringan, ranting / rayon dst.
- 2) Mengetahui kondisi jaringan/gardu.
- 3) Menentukan tindakan untuk memperbaiki kualitas dan keandalan jaringan
- 4) Memperkirakan kebutuhan material dan biaya pemeliharaan.

G. Risiko Pekerjaan Dalam Keadaan Bertegangan

Risiko pekerjaan dalam keadaan bertegangan atau pekerjaan pada tegangan tinggi memiliki risiko yang lebih tinggi dibanding pekerjaan yang lainnya. Hal ini berkaitan dengan pekerjaan utamanya yaitu pemeliharaan transmisi pada instalasi listrik tegangan tinggi/ tegangan ekstra tinggi (TE / TET).

Risiko pekerjaan yang tinggi dapat digambarkan melalui kondisi pekerjaan yang kurang aman dan hal tersebut dapat terlihat dari bahaya-bahaya yang akan ditimbulkan oleh tegangan listrik terhadap manusia atau karyawan seperti yang tercantum dalam buku panduan umum pemeliharaan transmisi TT/TET dengan Metode PDKB (2008: 8), yaitu:

- (a) Tegangan listrik : tegangan sentuh, tegangan langkah dan tegangan pindah;
- (b) Arus yang melewati tubuh manusia: arus mulai terasa, arus mempengaruhi otot, arus yang mengakibatkan pingsan, meninggal dunia arus fibrasi dan arus reaksi ;
- (c) Sengatan listrik ;
- (d) Perbedaan potensial.

Untuk lebih jelasnya bahwa pekerjaan dalam keadaan bertegangan mempunyai risiko pekerjaan yang tinggi, tabel dibawah ini menggambarkan bahaya yang ditimbulkan tergantung pada besarnya tegangan listrik, yang arusnya melewati tubuh manusia seperti efek yang akan ditimbulkan pada manusia adalah :

Tabel 14.4. Efek Yang Mengalir Pada 50 Hz

Arus (mA)	Waktu Kontak (ms)	Hasil
1		Ambang sensasi
10	10 – 10,000	Sensasi rasa sakit
50	10 – 200	Selalu tidak ada bahaya
50	200 – 400	Kelumpuhan otot sementara
50	4000 +	Kemungkinan berhentinya jantung
100	10 – 100	Selalu tidak ada bahaya
100	100 – 600	Kelumpuhan otot sementara
100	600 – 10,000	Kemungkinan berhentinya jantung
100	10,000	Kemungkinan berhentinya jantung
500	10 – 40	Selalu tidak ada bahaya
500	40 – 500	Kemungkinan berhentinya jantung

Sumber: Panduan umum pemeliharaan transmisi TT/TET dengan Metode PDKB (2008: 101)



Gambar 14.32. Contoh Kecelakaan Akibat Tegangan Tinggi Pada Bagian Kepala



Gambar 14.33. Contoh Kecelakaan Akibat Tegangan Tinggi Pada Bagian Badan

a. Hazard Identification Risk Assessment and Risk Control (HIRARC)

- 1) **Hazard Identification**, proses pemeriksaan tiap–tiap area kerja dengan tujuan untuk mengidentifikasi semua bahaya yang melekat pada suatu pekerjaan. Area kerja termasuk juga meliputi mesin peralatan kerja, laboratorium, area perkantoran gudang dan angkutan.
- 2) **Risk Assessment**, suatu proses penilaian resiko terhadap adanya bahaya ditempat kerja.
- 3) **Risk Control**, suatu proses yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mengendalikan semua kemungkinan bahaya ditempat kerja serta melakukan peninjauan ulang secara terus menerus untuk memastikan bahwa pekerjaan mereka telah aman.

b. Faktor-faktor yang mempengaruhi kecelakaan pada manusia, antara lain:

1) Tegangan

Pada sistem tegangan tinggi sering terjadi kecelakaan terhadap manusia, dalam hal terjadi tegangan kontak langsung atau dalam hal manusia berada di dalam suatu daerah yang mempunyai gradien tegangan yang tinggi. Akan tetapi sebenarnya yang menyebabkan bahaya tersebut adalah besarnya arus yang mengalir dalam tubuh manusia.

Khususnya pada gardu-gardu induk kemungkinan terjadinya bahaya terutama disebabkan oleh timbulnya gangguan yang menyebabkan arus mengalir ke tanah. Arus gangguan ini akan mengalir pada bagian-bagian peralatan yang terbuat dari metal dan juga mengalir dalam tanah di sekitar gardu induk.

Arus gangguan tersebut menimbulkan gradien tegangan diantara peralatan dengan peralatan, peralatan dengan tanah dan juga gradien tegangan pada permukaan tanah itu sendiri. Untuk menganalisis lebih lanjut akan ditinjau beberapa kemungkinan terjadinya tegangan dan kondisi orang yang sedang berada di dalam dan di sekitar gardu induk tersebut.

Macam tegangan sulit untuk menentukan secara tepat mengenai perhitungan tegangan yang mungkin timbul akibat kesalahan ke tanah terhadap orang yang sedang berada di dalam atau di sekitar gardu induk, karenanya banyaknya faktor yang mempengaruhi dan tidak diketahui.

Untuk menganalisis keadaan ini maka diambil beberapa pendekatan sesuai dengan kondisi orang yang sedang berada di dalam atau di sekitar gardu induk tersebut pada saat terjadi kesalahan ke tanah. Pada hakekatnya perbedaan tegangan selama mengalir nya arus gangguan tanah dapat digambarkan sebagai berikut (Tegangan sentuh, Tegangan langkah, Tegangan pindah), antara lain :

a) Tegangan Sentuh

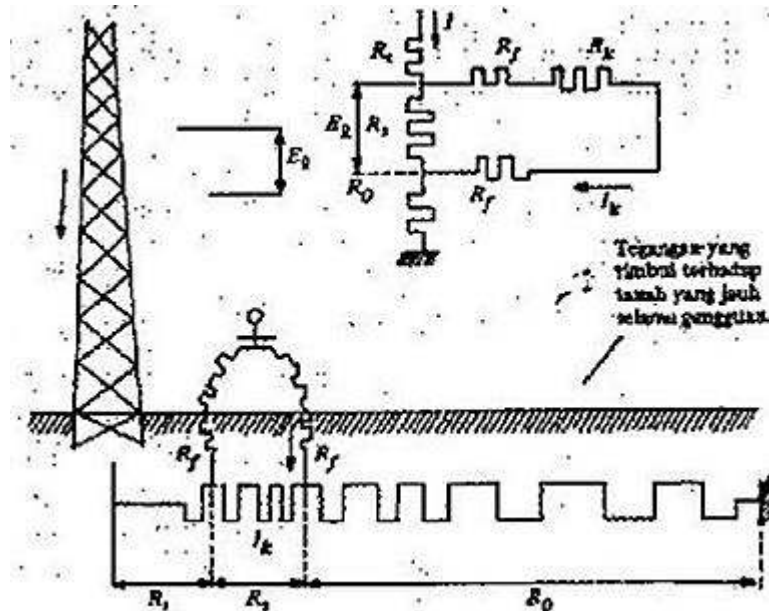
Tegangan sentuh adalah tegangan yang terdapat diantara suatu obyek yang disentuh dan suatu titik berjarak 1 meter, dengan asumsi bahwa obyek yang disentuh dihubungkan dengan kisi-kisi pengetanahan yang berada dibawahnya. Besar arus gangguan dibatasi oleh tahanan orang dan tahanan kontak ke tanah dari kaki orang tersebut, seperti pada table dibawah ini.

Tabel 14.5. Tegangan Sentuh Yang Diijinkan dan Lama Gangguan

Lama gangguan (t:detik)	Tegangan sentuh yang diijinkan (Volt)
0.1	1980
0.2	1400
0.3	1140
0.4	990
0.5	890
1.0	626
2.0	443
3.0	362

b) Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang timbul di antara dua kaki orang yang sedang berdiri di atas tanah yang sedang dialiri oleh arus kesalahan ke tanah. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar dibawah. Dalam hal ini dimisalkan jarak antara kedua kaki orang adalah 1 meter dan diameter kaki dimisalkan 8 cm dalam keadaan tidak memakai sepatu.



Gambar 14.34. Tegangan Langkah

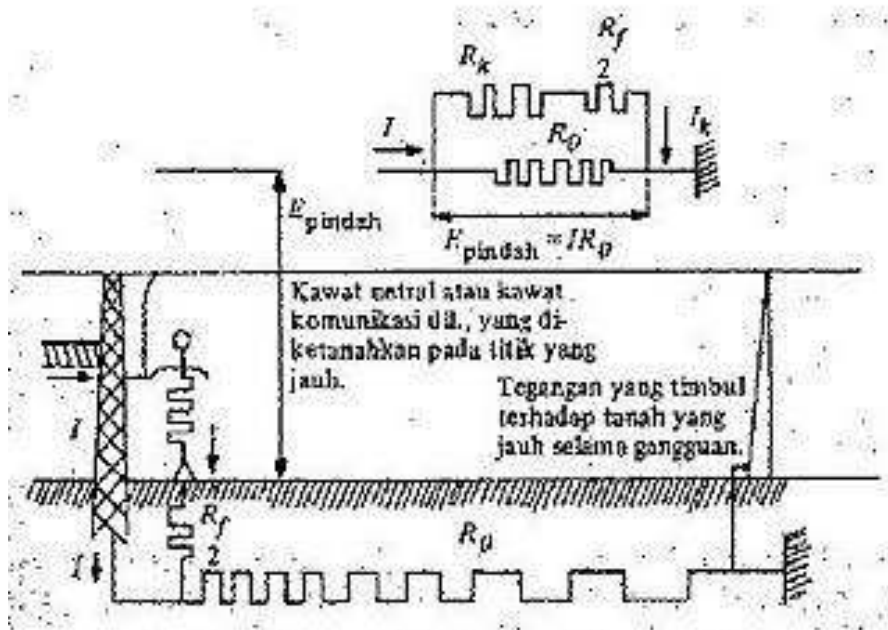
Tabel 14.6. Tegangan Langkah Yang Diijinkan dan Lama Gangguan

Lama gangguan (t:detik)	Tegangan sentuh yang diijinkan (Volt)
0.1	700
0.2	4950
0.3	4040
0.4	3500
0.5	3140
1.0	2216
2.0	1560
3.0	1280

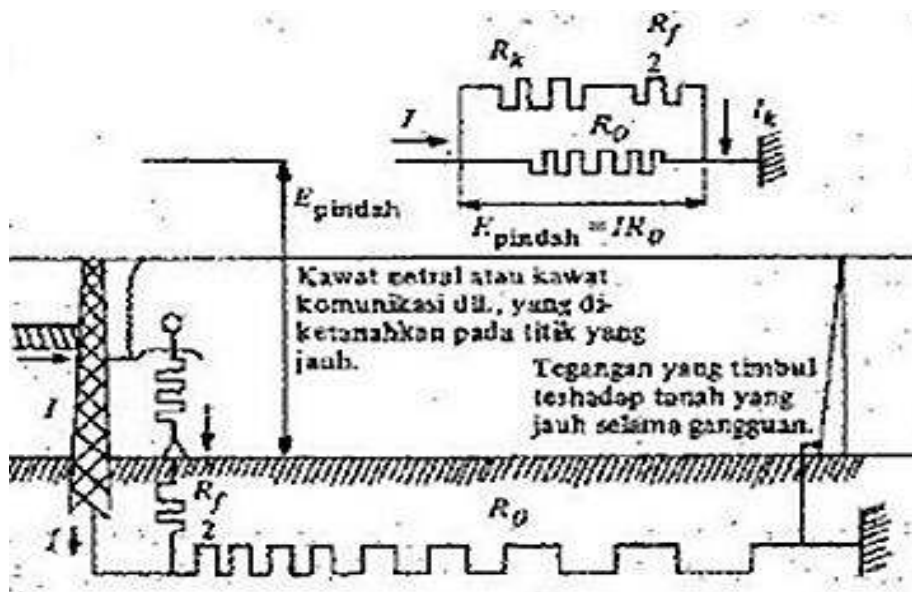
c) Tegangan Pindah

Tegangan pindah adalah hal khusus dari tegangan sentuh, dimana tegangan ini terjadi bila pada saat terjadi kesalahan orang berdiri di dalam gardu induk, dan menyentuh suatu peralatan yang diketanahkan pada titik jauh sedangkan alat tersebut dialiri oleh arus kesalahan ke tanah, gambar 35.

Dari gambar 36 terlihat bahwa, orang akan merasakan tegangan yang lebih besar bila dibandingkan dengan tegangan sentuh seperti pada gambar 36 Tegangan pindah akan sama dengan tegangan pada tahanan kontak pengetanahan total. Tegangan pindah itu sulit untuk dibatasi, tetapi biasanya konduktor-konduktor telanjang yang terjangkau oleh tangan manusia telah diisolasi.



Gambar 14.35. Tegangan Pindah



Gambar 14.36. Tegangan Pindah

2) Arus Yang Melalui Tubuh Manusia

Kemampuan tubuh manusia terhadap besarnya arus yang mengalir di dalamnya. Tetapi berapa besar dan lamanya arus yang masih dapat ditahan oleh tubuh manusia sampai batas yang belum membahayakan sukar ditetapkan. Dalam hal ini telah banyak diselidiki oleh para ahli dengan berbagai macam percobaan baik dengan tubuh manusia sendiri maupun menggunakan binatang tertentu.

Dalam batas-batas tertentu dimana besarnya arus belum berbahaya terhadap organ tubuh manusia telah diadakan berbagai percobaan terhadap beberapa orang sukarelawan yang menghasilkan batas-batas besarnya arus dan pengaruhnya terhadap manusia yang berbadan sehat. Batas-batas arus tersebut dibagi sebagai berikut:

a) Arus Persepsi

Bila seseorang memegang penghantar yang diberi tegangan mulai dari harga nol dan dinaikkan sedikit demi sedikit, arus listrik yang melalui tubuh orang tersebut akan memberikan pengaruh. Mula mula akan merangsang syaraf sehingga akan terasa suatu getaran yang tidak berbahaya bila dengan arus bolak balik dan akan terasa sedikit panas pada telapak tangan. Pada Electrical Testing Laboratory New York tahun 1993 telah dilakukan pengujian terhadap 40 orang laki-laki dan perempuan, dan diperoleh arus rata-rata yang disebut *threshold of perception current* sebagai berikut:

- (1) Untuk laki-laki : 1,1 mA.
- (2) Untuk perempuan : 0,7 mA.

b) Arus Yang Mempengaruhi Otot

Bila tegangan yang menyebabkan terjadinya tingkat arus persepsi dinaikkan lagi maka orang akan merasa sakit dan kalau terus dinaikkan maka otot-otot akan kaku sehingga orang tersebut tidak berdaya lagi untuk melepaskan konduktor yang dipegangnya. Di University of California Medical School telah dilakukan penyelidikan terhadap 134 orang laki-laki dan 28 orang perempuan dan diperoleh angka rata-rata yang mempengaruhi otot sebagai berikut :

- (1) Untuk laki-laki : 16 mA.
- (2) Untuk perempuan : 10,5 mA

Berdasarkan penyelidikan ini telah ditetapkan batas arus maksimal dimana orang masih dapat dengan segera melepaskan konduktor bila terkena arus listrik sebagai berikut :

- (1) Untuk laki-laki : 9 mA.
- (2) Untuk perempuan : 6 mA.

c) Arus Fibrilasi

Apabila arus yang melewati tubuh manusia lebih besar dari arus yang mempengaruhi otot dapat mengakibatkan orang menjadi pingsan bahkan sampai mati. Hal ini disebabkan arus listrik tersebut mempengaruhi jantung sehingga jantung berhenti bekerja dan peredaran darah tidak jalan dan orang segera akan mati.

Untuk mendapatkan nilai pendekatan suatu percobaan telah dilakukan pada University of California oleh Dalziel pada tahun 1968, dengan menggunakan binatang yang mempunyai badan dan jantung yang kira-kira sama dengan manusia disebutkan bahwa 99.5 % dari semua orang yang beratnya kurang dari 50 kg masih dapat bertahan terhadap besar arus dan waktu yang ditentukan

d) Arus Reaksi

Arus reaksi adalah arus yang terkecil yang dapat menakibatkan orang menjadi terkejut, hal ini cukup berbahaya karena dapat mengakibatkan kecelakaan sampingan. Karena terkejut orang dapat jatuh dari tangga, melemparkan peralatan yang sedang dipegang yang dapat mengenai bagian-bagian instalasi bertegangan tinggi sehingga terjadi kecelakaan yang lebih fatal.

3) Tahanan Tubuh Manusia

Tahanan tubuh manusia berkisar di antara 500 Ohm sampai 100.000 Ohm tergantung dari tegangan, keadaan kulit pada tempat yang mengadakan hubungan (kontak) dan jalannya arus dalam tubuh. Kulit yang terdiri dari lapisan tanduk mempunyai tahanan yang tinggi, tetapi terhadap tegangan yang tinggi kulit yang menyentuh konduktor langsung terbakar, sehingga tahanan dari kulit ini tidak berarti apa-apa. Sehingga hanya tahanan tubuh yang dapat membatasi arus.

Tabel 14.7. Tahanan Tubuh Manusia

Peneliti	Tahanan (Ohm)	Keterangan
Dalziel	500	dengan tegangan 60 cps
A IEE Committee Report	2 300	dengan tegangan 21 volt
1958		lengan ke tangan $I_1 = 9mA$
	1.130	lengan ke kaki
	1.600	lengan ke tangan dengan arus searah
	800	lengan ke kaki dengan 50 cps
Laurent	3 000	

Berdasarkan hasil penyelidikan oleh para ahli maka sebagai pendekatan diambil harga tahanan tubuh manusia sebesar 1000 Ohm.

c. Bahaya yang ditimbulkan dari tegangan tinggi

1) Efek Tegangan Tinggi

Kasus gangguan tegangan tinggi terhadap alat telekomunikasi dapat terjadi karena adanya medan listrik kuat di sekitarnya. Gangguan bukan terjadi pada alat penghasil frekuensi seperti bagian transmitter tetapi bagian Control Module bisa terganggu. Salah satu cara mengatasinya adalah melakukan isolasi pada device tersebut. Tetapi yang sulit adalah bila transmisi wireless device harus melintang suatu instalasi tegangan tinggi. Beberapa kasus dapat diselesaikan dengan teknik isolasi dan grounding yang baik. Sulit memang memperbaiki gangguan pada daerah Tegangan Tinggi, sebaiknya menghindari saja sebab dapat terjadi perilaku 'aneh' pada sistem control suatu device.

Beberapa penelitian menunjukkan adanya gangguan sakit kepala pagangan tinggida manusia jika berada dibawah instlasi t. Bahkan ada yang bilang Test Pen (obeng untuk menguji listrik AC ada atau tidak ada) dapat menyala dibawah tegangan tinggi meskipun tidak bersentuhktianan langsung dengan instalasi tsb. Ujicoba lainnya menyebutkan bahwa adanya perilaku yang aneh pada janin ibu hamil saat melewati tegangan tinggi (dalam test ini frekuensi juga menyebsi tinggiabkan perilaku yang aneh). Yang jelas memang ada gejala gangguan tetapi suatu teori memerlukan bukan hanya pemb tetapi juga alas an yang kuat.

Secara umum ditinjau dahulu bahaya-bahaya yang mungkin dapat ditimbulkan oleh tegangan atau arus listrik terhadap manusia mulai dari yang ringan sampai yang paling berat yaitu: terkejut, pingsan atau mati. Ringan atau berat bahaya yang timbul, tergantung dari faktor-faktor dibawah ini sebagai berikut : (1) Tegangan dan kondisi orang terhadap tegangan tersebut ; (2) Besarnya arus yang melewati tubuh manusia ; (3) Jenis arus, searah atau bolak-balik.

2) Pengertian dan Bahaya Radiasi Tegangan Tinggi

a) Pengertian Radiasi Tegangan Tinggi

Masalah radiasi tegangan tinggi sebenarnya sudah sejak lama dipikirkan oleh para ahli, paling tidak semenjak James Clark Maxwell mengumumkan teorinya tentang: A dynamic theory of the electromagnetic field, suatu teori revolusioner tentang pergeseran arus yang diramalkan dapat menimbulkan gelombang elektromagnet yang merambat dengan kecepatan cahaya. Pada waktu teori tersebut diumumkan (tahun 1865) Maxwell belum menyebutnya sebagai suatu radiasi seperti yang kita kenal saat ini.

Secara teoritis elektron yang membawa arus listrik pada jaringan tegangan tinggi akan bergerak lebih cepat bila perbedaan tegangannya makin tinggi. Elektron yang membawa arus listrik pada jaringan interkoneksi dan juga pada jaringan transmisi, akan menyebabkan timbulnya medan magnet maupun medan listrik.

Elektron bebas yang terdapat dalam udara di sekitar jaringan tegangan tinggi, akan terpengaruh oleh adanya medan magnet dan medan listrik, sehingga gerakannya akan makin cepat dan hal ini dapat menyebabkan timbulnya ionisasi di udara.

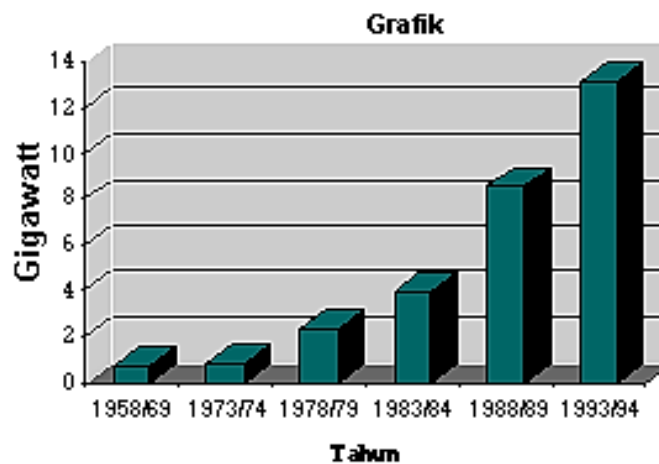
Ionisasi dapat terjadi karena elektron sebagai partikel yang bermuatan negatif dalam gerakannya akan bertumbukan dengan molekul-molekul udara sehingga timbul ionisasi berupa ion-ion dan elektron baru. Proses ini akan berjalan terus selama ada arus pada jaringan tegangan tinggi dan akibatnya ion dan elektron akan menjadi berlipat ganda terlebih lagi bila gradien tegangannya cukup tinggi. Udara yang lembab karena adanya pepohon di bawah jaringan tegangan tinggi akan lebih mempercepat terbentuknya pelipatan ion dan elektron yang disebut dengan avalanche.

Akibat berlipatgandanya ion dan elektron ini (peristiwa avalanche) akan menimbulkan korona berupa percikan busur cahaya yang seringkali disertai pula dengan suara mendesis dan bau khusus yang disebut dengan bau ozone. Peristiwa avalanche dan timbulnya korona akibat adanya medan magnet dan medan listrik pada jaringan tegangan tinggi inilah yang sering disamakan dengan radiasi gelombang elektromagnet atau radiasi tegangan tinggi.

b) Bahaya Radiasi Tegangan Tinggi

Secara umum setiap bentuk radiasi gelombang elektromagnet dapat berpengaruh terhadap tubuh manusia. Sel-sel tubuh yang mudah membelah adalah bagian yang paling mudah dipengaruhi oleh radiasi. Tubuh yang sebagian besar berupa molekul air, juga mudah mengalami ionisasi oleh radiasi.

Seberapa jauh pengaruhnya terhadap tubuh manusia, tergantung pada batas-batas aman yang diizinkan. Sebagai contoh untuk radiasi nuklir yang aman bagi manusia (untuk pekerja radiasi) adalah dosis di bawah 5000 mili Rem per tahun, sedangkan untuk masyarakat umum adalah 10 % dari harga tersebut. Lantas bagaimanakah dengan batasan aman untuk radiasi tegangan tinggi.



Gambar 14.37. Grafik Radiasi Tegangan Tinggi Per Tahun

Sejauh ini batasan aman untuk radiasi tegangan tinggi masih terus diteliti dan para ahli di seluruh dunia masih belum sampai kepada kata sepakat tentang batasan aman tersebut. Penelitian pengaruh radiasi tegangan tinggi sejauh ini baru diketahui akibatnya terhadap binatang percobaan di laboratorium. Radiasi tegangan tinggi (radiasi elektromagnet) ternyata mempengaruhi sifat kekebalan (imun) tikus-tikus percobaan. Apakah radiasi tegangan tinggi juga bersifat cocarcinogenik (merangsang timbulnya kanker), ternyata masih dalam taraf dugaan saja, karena tikus-tikus percobaan yang dikenai radiasi tegangan tinggi tidak ada yang menjadi terserang kanker, walaupun diramalkan kemungkinan terkena kanker dapat meningkat karenanya.

Memang terdapat perbedaan antara manusia dan tikus, sehingga penelitian terhadap tikus-tikus tersebut mungkin lain hasilnya terhadap manusia. Walaupun demikian, usaha manusia untuk mengurangi dampak teknologi berupa jaringan interkoneksi dan transmisi tegangan tinggi yang dapat menimbulkan kemungkinan terkena radiasi tegangan tinggi tetap perlu dilakukan, agar diperoleh kepastian mengenai harga batas aman bagi manusia.

Satuan untuk mengukur radiasi tegangan tinggi tidaklah sama dengan satuan untuk radiasi nuklir yang menggunakan satuan REM, singkatan Rontgen Equivalent of Man. Satuan radiasi tegangan tinggi masih menggunakan satuan Weber/meter², yaitu satuan flux dalam sistem mks. Mengingat bahwa 1 Weber/m² sama dengan 10⁴ gauss, sedangkan satuan untuk induksi magnetik telah ditentukan dengan satuan Tesla yang besarnya sama dengan 10⁴ gauss,

maka satuan radiasi tegangan tinggi dapat juga menggunakan satuan Tesla yang identik dengan Weber/m².

Walaupun belum ada kata sepakat untuk menentukan batas aman bagi radiasi tegangan tinggi, namun Amerika Serikat sebagai negara industri yang banyak menggunakan jaringan tegangan tinggi, telah menetapkan batas aman sebesar 0,2 mikro Weber/m². Sedangkan Rusia (bekas Uni Sovyet) menetapkan batas aman radiasi tegangan tinggi dengan faktor 1000 lebih rendah dari yang telah ditetapkan Amerika Serikat.

Adanya perbedaan penetapan batas aman ini disebabkan karena penelitian mengenai dampak radiasi tegangan tinggi terhadap manusia masih belum selesai dan masih terus dilakukan. Hal menarik dari penentuan harga batas aman tersebut adalah bahwa Amerika Serikat yang menetapkan harga batas aman tersebut adalah Radiation Protection Board, sedangkan di Rusia oleh Ministry Of Health (Departemen Kesehatan), sedangkan di Australia oleh Australian Radiation Protection Society (ARPS), suatu lembaga non pemerintah. Lantas bagaimanakah dengan di Indonesia? Siapakah yang akan menetapkan harga batas aman radiasi tegangan tinggi? Apakah BATAN, apakah Departemen Perindustrian, apakah Departemen Kesehatan, apakah Menteri Negara Lingkungan Hidup ataukah pihak PLN sendiri yang banyak berkaitan dengan masalah jaringan tegangan tinggi.

Masalah ini kiranya perlu segera ditetapkan, mengingat bahwa PLN masih akan membangun jaringan tegangan tinggi sebagai interkoneksi dan transmisi sepanjang 2000 km. Mudah-mudahan penetapan batas aman radiasi tegangan tinggi di Indonesia berdasarkan pertimbangan yang matang, sehingga masyarakat tidak menjadi takut dan khawatir bila daerahnya akan dilewati jaringan tegangan tinggi. Selain dari itu, penjelasan yang transparan dari pihak PLN kepada masyarakat perlu diberikan, agar program interkoneksi dan transmisi dapat berjalan lancar, sehingga program pembangunan sektor industri dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya yang pada akhirnya kesejahteraan masyarakat diharapkan akan dapat meningkat.



Gambar 14.38. Daerah di Bawah SUTET

3) Kontradiksi Bahaya Radiasi SUTET

SUTET adalah singkatan dari Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi dengan kekuatan 500 kV yang ditujukan untuk menyalurkan energi listrik dari pusat-pusat pembangkit yang jaraknya jauh menuju pusat-pusat beban sehingga energi listrik bisa disalurkan dengan efisien. Dalam menyalurkan energi listrik tersebut terdapat radiasi medan magnet maupun radiasi medan listrik yang sangat membahayakan. Berbagai macam kekhawatiran muncul akan dampak SUTET terhadap kesehatan bagi penduduk yang tinggal di wilayah yang dilewati jalur saluran transmisi tersebut. Sehingga kita harus mengetahui apa akibat yang ditimbulkan oleh saluran transmisi tersebut.

Banyak kalangan ahli mengklaim bahwa gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) sangat berbahaya bagi kesehatan orang-orang yang berada atau bermukim di sekitarnya. Anggapan ini dibenarkan oleh para ahli bidang telekomunikasi, namun tidak sedikit pula bantahan-bantahan oleh beberapa pihak yang menyangkal sebaliknya.

4) Bahaya Kuat Medan Magnet yang Ditimbulkan SUTET 500 KV dan Mengatasinya

Kuat medan magnet yang ditimbulkan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) dengan kekuatan 500 KV inilah yang menimbulkan radiasi yang dikhawatirkan dapat mengganggu kesehatan makhluk hidup khususnya manusia. Menurut IRPA dan WHO, batasan panjang kuat medan magnet yang diduga dapat menimbulkan efek biologis untuk umum adalah 0,5 mili tesla.

Dari penelitian yang sudah dilakukan ditemukan kuat medan listrik di halaman atau luar rumah lebih tinggi dibandingkan dengan didalam rumah, sehingga dalam langkah peningkatan kondisi lingkungan, lingkungan disekitar SUTET perlu memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a) Mengusahakan agar rumahnya berlangit-langit.
- b) Menanam pohon sebanyak mungkin disekitar rumah pada lahan yang kosong.
- c) Bagian atap rumah yang terbuat dari logam sebaiknya ditanahkan (grounding)
- d) Penduduk disarankan tidak keluar rumah terutama pada malam hari, karena pada malam hari arus yang mengalir pada kawat penghantar SUTET lebih tinggi dari pada siang hari.
- e) Alat-alat yang terbuat dari logam yang berukuran besar (mobil dll) sebaiknya ditanahkan (grounding)

Secara garis besar radiasi medan magnetik total yang dihisap dan didistribusikan dalam tubuh manusia adalah tergantung beberapa hal:

- a) Frekuensi dan panjang gelombang medan elektromagnetik
- b) Polarisasi medan magnetik.
- c) Konfigurasi (seperti jarak) antara badan dan sumber radiasi medan magnetik.
- d) Keadaan paparan radiasi, seperti adanya benda lain disekitar sumber radiasi.
- e) Sifat-sifat elektrik (listrik) tubuh (konstan dielektrik dan konduktivitas). Hal ini sangat tergantung pada kadar air didalam tubuh. Radiasikan lebih banyak diisap pada media dengan konstan dielektrik yang tinggi, seperti otak, otot, dan jaringan lain dengan kadar air tinggi.

Ketika hal diatas telah dilakukan dan medan magnet tidak melebihi 0,5 mili tesla maka penduduk tidak perlu risau dengan pembuatan tower SUTET 500 KV diingkungan perumahan penduduk, karena medan magnet yang ditimbulkan SUTET radiasinya tidak berbahaya bagi kesehatan manusia.



Gambar 14.39. Daerah di Bawah Kawasan SUTET

5) Jarak Aman Pemukiman dari Radiasi SUTET

Telah dijelaskan di atas bahwa medan magnet tidak melebihi 0,5 mill Tesla maka radiasi medan magnet yang ditimbulkan oleh SUTET tidak berbahaya dan pembangunan SUTET tidak perlu dirisaukan. Tapi untuk tidak mendapatkan bahaya SUTET maka ada ketentuan-ketentuan didalamnya supaya radiasi tidak dirasakan makhluk hidup. Untuk ketentuan jarak aman SUTET (500 KV) terhadap perumahan, silakan mereferensikan pada aturan berikut :

- a) Lampiran V Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 1457 K/28/MEM/2000 tanggal 3 November 2000 tentang "Kriteria Tata Ruang Aspek Pertambangan dan Energi". Disana disebutkan jarak minimum bangunan tidak tahan api dengan saluran SUTET minimal 14 meter (sirkuit ganda) dan 15 meter (sirkuit tunggal).
- b) SNI 04-6918-2002 tentang "Ruang Bebas dan Jarak Bebas Minimum pada SUTET". SNI mempunyai pendapat yang berbeda dengan kepmen ESDM di atas mengenai jarak runag aman, yang dapat kita lihat dibawah ini :
 - (1) Jarak bebas umum Vertikal dari konduktor dengan bangunan, yaitu 9 meter untuk SUTET.
 - (2) Jarak bebas minimum horizontal dari sumbu menara, yaitu : (a) 22 meter untuk SUTET 500 KV sirkuit tunggal. (b) 17 meter untuk SUTET 500 KV sirkuit ganda.

Kita sebagai penduduk janganlah terlalu risau dengan pembangunan SUTET disekitar pemukiman penduduk ketika keberadaan SUTET tersebut telah sesuai standar yang telah dikeluarkan lembaga tertentu. Ketika keberadaan SUTET mengganggu kesehatan kita jangan terlalu cepat menyimpulkan bahwa keberadaan SUTET lah yang telah mengganggu kesehatan kita, lebih baik kita teliti dulu medan magnet yang ada di sekitar SUTET tersebut, sudahkah sesuai standar kesehatan yang telah ditentukan. Jika telah sesuai setandar kesehatan maka kita lihat kebersihan dari lingkungan kita, mungkin itu penyebab gangguan kesehatan kita.

6) Penelitian dan Dampak

- a) Hasil penelitian yang sangat memengaruhi pandangan masyarakat dunia tentang hubungan kanker otak pada anak dengan paparan medan elektromagnetik adalah penelitian Wertheimer dan Leper tahun 1979, yang sempat menggoncangkan dunia karena risiko negatif yang dilaporkannya. Sejak penelitian tersebut, berbagai studi epidemiologi dan laboratorium lainnya dilakukan sebagai replikasi dan eskpansi penelitian Wertheimer di berbagai negara. Namun hasil yang didapat justru beragam, bahkan sebagian besar bersifat kontradiktif. Dilaporkan, studi Feyching dan Ahlboum, 1993, meta analisisnya merupakan penelitian yang mendukung hasil Wertheimer, sedangkan studi National Cancer Institute (NCI) tahun 1997 di Amerika Serikat, studi Kanada 1999, studi Inggris 1999-2000 dan studi Selandia Baru menemukan hasil yang tidak mendukung Wertheimer.
- b) Sebuah studi yang dilakukan oleh Dr. Gerald Draper dan koleganya dari Chilhood Cancer Research Group di Oxford University dan Dr. John Swanson, penasehat sains di National Grid Transco, menemukan bahwa anak-anak yang tinggal kurang dari 200 meter dari jalur tegangan tinggi, saat dilahirkan memiliki risiko menderita leukimia sebesar 70 persen daripada yang tinggal dari jarak 600 meter atau lebih. Ditemukan lima kali lipat lebih besar kasus leukimia pada bayi yang dilahirkan di daerah sekitar SUTET atau sebesar 400 dalam setahun dari 1 persen jumlah penduduk yang tinggal di daerah tersebut. Secara keseluruhan, anak-anak yang hidupnya dalam radius 200 meter dari tiang tegangan tinggi sekitar 70 persen diantaranya terkena leukimia dan yang hidup antara 200-600 meter sekitar 20 persen dibandingkan dengan yang tinggal lebih dari 600 meter. Walaupun demikian, peningkatan risiko leukemia masih ditemukan pada jarak dimana besar medan listrik bernilai di bawah kondisi di dalam rumah, sehingga disimpulkan bahwa peningkatan risiko leukemia tidak diakibatkan oleh medan listrik atau medan magnet yang diakibatkan oleh SUTET.
- c) Berdasarkan hasil penelitian Dr. dr. Anies, M.Kes. PKK, pada penduduk di bawah SUTET 500 kV di Kabupaten Pekalongan, Kabupaten Pemasang, dan Kabupaten Tegal (2004) menunjukkan bahwa besar risiko electrical sensitivity pada penduduk yang bertempat tinggal di bawah SUTET 500 kV adalah 5,8 kali lebih besar dibandingkan dengan penduduk yang tidak bertempat tinggal di bawah SUTET 500 kV. Secara umum dapat disimpulkan bahwa pajanan medan elektromagnetik yang berasal dari SUTET 500 kV berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada penduduk, yaitu sekumpulan gejala hipersensitivitas yang dikenal dengan electrical sensitivity berupa keluhan sakit kepala (headache), pening (dizziness), dan kelelahan menahun (chronic fatigue syndrome). Hasil penemuan Anies menyimpulkan bahwa ketiga gejala tersebut dapat dialami sekaligus oleh seseorang, sehingga penemuan baru ini diwacanakan sebagai “Trias Anies”
- d) Corrie Wawolumaya dari Bagian Ilmu Kedokteran Komunitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia pernah melakukan penelitian terhadap pemukiman di sekitar SUTET. Hasilnya tidak ditemukan hubungan antara kanker leukemia dan SUTET.

- e) John Moulder mencoba menarik kesimpulan dari ratusan penelitian tentang dampak SUTET terhadap kesehatan. Moulder menyimpulkan bahwa tidak ada hubungan sebab akibat antara medan tegangan listrik dan kesehatan manusia (termasuk kanker). Walaupun demikian medan tegangan listrik belum bisa dibuktikan benar-benar aman. Selain itu disepakati juga bahwa jika ada bahaya kesehatan terhadap manusia, maka itu hanya terjadi pada sebagian kecil kelompok.
- f) WHO berkesimpulan bahwa tidak banyak pengaruh yang ditimbulkan oleh medan listrik sampai 20 kV/m pada manusia dan medan listrik sampai 100 kV/m tidak memengaruhi kesehatan hewan percobaan. Selain itu, percobaan beberapa sukarelawan pada medan magnet 5 mT hanya memiliki sedikit efek pada hasil uji klinis dan fisik.

7) Bahaya Lain SUTET

- a) Bahaya elektrik pertama yang harus kita hindari adalah sentuhan atau sengatan elektrik.
- b) Bahaya kedua adalah panas dan daya ledak SUTET saat terjadi hubungsingkat (akibat kecelakaan atau kerusakan alat). Karena tegangannya sangat tinggi, arus yang sangat besar akan mengalir jika SUTET mengalami hubungsingkat.
- c) Bahaya ketiga yang sering diributkan dan banyak menjadi bahan perdebatan adalah bahaya medan magnet yang ditimbulkan oleh SUTET. Jika arus elektrik mengalir melalui suatu konduktor maka di sekitar konduktor akan dibangkitkan medan magnet.
- d) Bahaya lain yang sering diperbincangkan orang adalah bahaya medan elektrik. Besarnya medan elektrik sebanding dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan jarak.
- e) Bahaya terakhir yang sempat membuat heboh peternak Kanada, Amerika, dan Australia pada tahun 1970-an adalah pengaruh tegangan bocor tanah pada hewan ternak.

8) Saran

Berdasarkan hasil pemaparan dan kesimpulan di atas, berikut ini disampaikan beberapa saran.

- a) Janganlah kita terlalu cepat menolak pembangunan SUTET di sekitar pemukiman penduduk dengan alasan bahaya radiasi SUTET tersebut karena semua itu masih dalam penelitian dan SUTET yang sesuai standar kesehatan medan magnet disekitar SUTET tidak melebihi 0,5 mili Tesla.
- b) Ketika ada gangguan terhadap kesehatan janganlah kita langsung menyalakan keberadaan SUTET, kita teliti terlebih dahulu keberadaan medan magnet SUTET tersebut telah sesuai standar kesehatan apa belum.

9) Penyelamatan Akibat Sengatan Listrik

Ketika seseorang datang dan menyentuh tegangan listrik yang dengan voltase yang cukup besar sehingga menyebabkan tersetrum prioritas utama yang harus Anda lakukan adalah menyingkirkan aliran arus listrik. Tipikalnya tidak hanya mematikan mesin, alat atau perkakas. Anda harus memotong aliran dari sumbernya dengan memutuskan listrik atau mencabut soket perkakas listrik. Dalam beberapa

keadaan mungkin hal ini tidak memungkinkan untuk melakukannya dengan cepat. Sampai sini mungkin pilihan anda hanya memutuskan kontak antara aliran listrik dan korban. Hal ini dapat dilakukan dengan memindahkan korban menjauh dari sumber listrik. Untuk melakukan hal ini dengan aman tanpa membahayakan diri Anda maka Anda tidak boleh menjadi penghantar listrik lainnya.

Netralkan diri Anda dari listrik sebelum menolong korban – kenakan sarung tangan yang kering untuk menutupi tangan Anda dengan kain, kayu atau pakaian. Pastikan Anda memiliki pijakan yang bagus dan tidak terpeleset atau terjatuh ketika mencoba memindahkan korban. Berikut ini beberapa item yang biasa digunakan:

- a) Professional non-conductive release hook (best option and relatively inexpensive)
- b) potongan kayu pangan (2×4, etc)
- c) Pegangan sapu
- d) Pendeng kulit (potong bagian besi)
- e) Tali kering
- f) Selimut, pakaian atau material non konduktif yang kering lainnya

Ketika korban telah dipindahkan dari aliran listrik, periksalah napas dan detak jantung korban tersebut. Jika pernafasan terhenti, tetapi denyut nadi korban masih ada, berikan napas buatan dari mulut ke mulut (CPR). Jika detak jantung telah berhenti, lakukan napas buatan (CPR). Jika kedua jantung dan napas telah berhenti, langsung berikan napas bantaun (CPR). Gunakan selimut untuk menjaga korban tetap hanyat dan angkat kaki korban sedikit diatas tingkat kepala untuk meringankan efek terstrum.

BAB XV

KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) DI GARDU INDUK

Dalam suatu pekerjaan yang utama adalah keselamatan kerja, karena keselamatan akan memberikan rasa aman, nyaman dan bahagia pada setiap pekerja. Sehingga pekerjaan dapat dilaksanakan dengan hasil yang maksimal. Lingkungan kerja dalam Gardu Induk sangat berbahaya karena berhadapan dengan tegangan <math>< 10.000</math> volt.

Tegangan listrik tidak terlihat dan tidak berbau tetapi dapat dirasakan. Bahaya akibat tegangan listrik terhadap manusia yaitu kejutan. Bahaya akibat tegangan listrik di dalam lingkungan kerja Gardu Induk tidak dapat kita hilangkan tetapi dapat kita kendalikan, maka penggunaan alat pelindung diri sangatlah diperlukan (Musthafa, 2009:21).

Dasar Hukum

Sumber hukum yang paling mendasar tentang keselamatan kerja di Indonesia ialah undang undang No. 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Undang undang ini di buat dengan menimbang:

1. Bahwa setiap tenaga kerja berhak mendapat perlindungan atas keselamatannya dalam melakukan pekerjaan untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional.
2. Bahwa setiap orang lainnya yang berada di tempat kerja perlu terjamin pula keselamatannya.
3. Bahwa setiap sumber produksi perlu dipakai dan dipergunakan secara aman dan efisien.
4. Bahwa berhubung dengan itu perlu diadakan segala daya-upaya untuk membina norma-norma perlindungan kerja.
5. Bahwa pembinaan norma-norma itu perlu diwujudkan dalam Undang-undang yang memuat ketentuan-ketentuan umum tentang keselamatan kerja yang sesuai dengan perkembangan masyarakat, industrialisasi, teknik dan teknologi.

Tujuan

1. Mewujudkan masyarakat dan lingkungan kerja yang aman, sehat dan sejahtera
2. Menjamin kehandalan instalasi listrik sesuai tujuan penggunaannya
3. Mencegah timbulnya bahaya akibat listrik.

A. GARDU INDUK

1. Pengertian Umum Gardu Induk

- a. Gardu Induk merupakan sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi).
- b. Penyaluran (transmisi) merupakan sub sistem dari sistem tenaga listrik.
- c. Berarti, gardu induk merupakan sub-sub sistem dari sistem tenaga listrik.
- d. Sebagai sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi), gardu induk mempunyai peranan penting, dalam pengoperasiannya tidak dapat dipisahkan dari sistem penyaluran (transmisi) secara keseluruhan.

- e. Dalam pembahasan ini difokuskan pada masalah gardu induk yang pada umumnya terpasang di Indonesia, pembahasannya bersifat praktis (terapan) sesuai konstruksi yang terpasang di lapangan.

2. Fungsi Gardu Induk

- a. Mentransformasikan daya listrik :
 - 1) Dari tegangan ekstra tinggi ke tegangan tinggi (500 KV/150 KV).
 - 2) Dari tegangan tinggi ke tegangan yang lebih rendah (150 KV/ 70 KV).
 - 3) Dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (150 KV/ 20 KV, 70 KV/20 KV).
 - 4) Dengan frekuensi tetap (di Indonesia 50 Hertz).
- b. Untuk pengukuran, pengawasan operasi serta pengamanan dari system tenaga listrik.
 - 1) Pengaturan pelayanan beban ke gardu induk-gardu induk lain melalui tegangan tinggi dan ke gardu distribusi-gardu distribusi, setelah melalui proses penurunan tegangan melalui penyulang-penyulang (feeder- feeder) tegangan menengah yang ada di gardu induk.
 - 2) Untuk sarana telekomunikasi (pada umumnya untuk internal PLN), yang kita kenal dengan istilah SCADA.

3. Jenis-jenis Gardu Induk

- a. Jenis Gardu Induk bisa dibedakan menjadi beberapa bagian yaitu :
 - 1) Berdasarkan besaran tegangannya.
 - 2) Berdasarkan pemasangan peralatan.
 - 3) Berdasarkan fungsinya.
 - 4) Berdasarkan isolasi yang digunakan.
 - 5) Berdasarkan sistem rel (busbar).
- b. Dilihat dari jenis komponen yang digunakan, secara umum antara GITET dengan GI mempunyai banyak kesamaan. Perbedaan mendasar adalah :
 - 1) Pada GITET transformator daya yang digunakan berupa 3 buah transformator daya masing – masing 1 phasa (bank transformer) dan dilengkapi peralatan reaktor yang berfungsi mengkompensasikan daya reaktif jaringan.
 - 2) Sedangkan pada GI (150 KV, 70 KV) menggunakan Transformator daya 3 phasa dan tidak ada peralatan reaktor.
- c. Berdasarkan besaran tegangannya, terdiri dari :
 - 1) Gardu INduk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 KV, 500 KV.
 - 2) Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 KV dan 70 KV
 - 3) Sedangkan pada GI (150 KV, 70 KV) menggunakan Transformator daya 3 phasa dan tidak ada peralatan reaktor.
- d. Berdasarkan besaran tegangannya, terdiri dari :
 - 1) Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 275 KV, 500 KV.
 - 2) Gardu Induk Tegangan Tinggi (GI) 150 KV dan 70 KV
- e. Berdasarkan pemasangan peralatan
 - 1) Gardu Induk Pasangan Luar
 - 2) Gardu Induk Pasangan dalam

- f. Berdasarkan fungsinya
 - 1) Gardu Induk Penaik Tegangan
 - 2) Gardu Induk Penurun Tegangan
 - 3) Gardu Induk Pengatur Tegangan
 - 4) Gardu Induk Pengatur Beban
 - 5) Gardu Induk Distribusi
 - 6) Gardu Induk yang menggunakan isolasi udara
 - 7) Gardu Induk yang menggunakan isolasi gas SF 6
 - 8) Berdasarkan rel Busbar

4. Komponen (Bagian-Bagian) Sipil & Mekanikal Gardu Induk

a. Komponen Sipil Dan Mekanikal Pada Switch Yard

- 1) Pondasi (tempat dudukan) peralatan :
 - a) Transformator Daya
 - b) Circuit Breaker (CB)
 - c) Disconnecting Switch (DS)
 - d) Capacitor Voltage Transformer (CVT)
 - e) Current Transformer (CT)
 - f) Lightning Arrester (LA)
 - g) Potential Transformer (PT)
 - h) Potential Device (PD)
- 2) Got kabel (cable duct) :
 - a) Adalah tempat peletakan kabel yang menghubungkan antara peralatan di switch yard, maupun antara peralatan di switch yard dengan peralatan di gedung kontrol.
 - b) Jenis (dimensi) kabel duct : D 250, D-300, D-400, D-600, D-900, D-1200 dan D- 1500 tergantung kebutuhan.
- 3) Komponen mekanikal :

Serandang, terdiri dari : serandang peralatan, serandang post, serandang beam.

 - a) Rak kabel dan plat bordes untuk penutup got kabel.
 - b) Pagar keliling GI.

b. Komponen Sipil Dan Mekanikal Gedung Kontrol

- 1) Komponen sipil gedung kontrol, terdiri dari :
 - a) Ruang peralatan kontrol (kendali) & ruang cubicle.
 - b) Ruang operator.
 - c) Ruang kantor GI.
 - d) Ruang Relay
 - e) Ruang komunikasi
 - f) Ruang battery
 - g) Pondasi peralatan (panel relay, panel kontrol, cubicle, dan lain-lain).
 - h) Got kabel (cable duct).
- 2) Komponen mekanikal, terdiri dari :
 - a) Air conditioning (AC).

- b) Rak kabel yang dijadikan sebagai penempatan kabel, yang menghubungkan antara peralatan yang ada di switch yard dengan komponen yang ada di gedung kontrol, maupun yang menghubungkan komponen yang ada di gedung kontrol.

c. Komponen Sipil Dan Mekanikal Sarana/ Prasarana

- 1) Jalan di area switch yard, jalan masuk ke GI, jalan di sekeliling gedung kontrol.
- 2) Pagar keliling GI.
- 3) Tempat parkir kendaraan dan halaman gedung kontrol.
- 4) Saluran air limbah dan saluran air di area switch yard.
- 5) Gudang tempat penyimpanan material/ peralatan.
- 6) Kamar mandi/ WC.
- 7) Pos keamanan (Pos Satpam).
- 8) Taman di sekeliling gedung kontrol.
- 9) Fasilitas air bersih.

5. Sistem Proteksi

- a. Sistem proteksi adalah suatu sistem pengaman terhadap peralatan listrik, yang diakibatkan adanya gangguan teknis, gangguan alam, kesalahan operasi dan penyebab yang lainnya.
- b. Beberapa peralatan listrik pada gardu induk yang perlu diamankan adalah :
 - 1) Transformator Daya.
 - 2) Rel (busbar).
 - 3) Penghantar :
 - a) Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT).
 - b) Saluran Kabel Tegangan Tinggi (SKTT).
 - c) Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).
 - 4) Penyulang 20 KV.

a. Proteksi Transformator Daya

- 1) Relay Arus Lebih: Berfungsi mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat (short circuit) antara phasa di dalam maupun diluar daerah pengamanan trafo.
- 2) Relay Differensial: Berfungsi mengamankan trafo dari gangguan hubung singkat (short circuit) yang terjadi di dalam daerah pengaman trafo.
- 3) Relay Gangguan Tanah Terbatas: Berfungsi untuk mengamankan Transformator Daya terhadap tanah di dalam daerah pengaman trafo, khususnya gangguan di dekat titik netral yang tidak dapat dirasakan oleh Relay Differensial.
- 4) Relay Arus Lebih Berubah: Berfungsi untuk mengamankan Transformator Daya dari gangguan antara phasa dan tiga phasa dan bekerja pada arah tertentu.
- 5) Relay Gangguan Tanah: Berfungsi mengamankan Transformator Daya dari gangguan hubung tanah, di dalam dan di luar daerah pengamanan trafo.
- 6) Relay Tangki Tanah: Berfungsi untuk mengamankan Transformator Daya terhadap hubung singkat (short circuit) antara phasa dengan tangki trafo dan trafo yang titik netralnya ditanahkan.

- 7) Relay Suhu: Berfungsi untuk mendeteksi suhu minyak trafo dan kumparan secara langsung, yang akan membunyikan alarm serta mentripkan Circuit Breaker.
- 8) Relay Jansen: Berfungsi untuk mengamankan pengubah / pengatur tegangan (Tap Changer) dari Trafo.
- 9) Relay Bucholz: Berfungsi mendeteksi adanya gas yang ditimbulkan oleh loncatan bunga api dan pemanasan setempat dalam minyak trafo.
- 10) Relay Tekanan Lebih: Berfungsi mengamankan Transformator Daya dari tekanan lebih. Bagi Trafo tanpa konservator, dipasang relay tekanan mendadak dipasang pada tangki dan bekerja dengan pertolongan.

b. Proteksi Penghantar SUTT/ SKTT

- 1) Relay Jarak : Berfungsi mengamankan SUTT dari gangguan antar fasa maupun gangguan hubungan tanah.
- 2) Relay Differential Pilot Kabel : Berfungsi mengamankan SKTT dan juga SUTT yang pendek dari gangguan antar fasa maupun gangguan hubung singkat (short circuit).
- 3) Relay Arus Lebih Berarah : Berfungsi mengamankan SUTT dari gangguan antar fasa dan hanya bekerja pada satu arah. Relay ini dapat membedakan arah arus gangguan.
- 4) Relay Arus Lebih : Berfungsi mengamankan SUTT dan gangguan antara fasa maupun gangguan hubungan tanah.
- 5) Relay Tegangan Lebih : Berfungsi mengamankan SUTT atau SKTT terhadap tegangan lebih.
- 6) Relay Gangguan Tanah : Berfungsi mengamankan SUTT terhadap gangguan hubung tanah.
- 7) Relay Penutup Balik : Berfungsi mengamankan kembali SUTT akibat gangguan hubung singkat temporer.

c. Proteksi Busbar & Proteksi Penyulang 20 Kv

- 1) Proteksi Busbar : Untuk mengamankan busbar terhadap gangguan yang terjadi, digunakan relay differential.
- 2) Proteksi Penyulang 20 KV, digunakan : Relay Arus Lebih, Relay Arus Lebih Berarah dan Relay Hubung Tanah.

6. Pemasangan Dan Perbaikan Komponen Gardu Induk

a. S.O.P Pengukuran Tidak Langsung TR:

Pengukuran tidak langsung - TR maksudnya ini untuk pelanggan " 3 Fasa atau biasanya sering di industri kecil dan menengah yang menggunakan sistem pengukuran ini

b. Petugas Terkait :

- 1) Koordinator P2TL
- 2) Petugas lapangan
- 3) Pelanggan

c. Peralatan kerja :

- 1) Tang Segel
- 2) Tang ampere
- 3) Multi tester
- 4) Drivelt meter
- 5) Toolkit (kunci-kunci, lengkap.)
- 6) Stop watch
- 7) Test pen
- 8) Calkulator
- 9) Tang kw
- 10) Tang cos Q

d. Perlengkapan K3 :

- 1) Sarung tangan kulit
- 2) Sepatu karet
- 3) Topi pengaman

e. Peralatan Pendukung :

- 1) Radio komunikasi (HT)
- 2) Kendaraan Operasional

f. Kelengkapan administrasi :

- 1) Berseragam resmi PLN
- 2) Kartu pengenalan
- 3) Surat tugas
- 4) Form.berita acara pemeriksaan

g. Prosedur kerja :

- 1) Atas dasar PK dari atasan terkait , lakukan persiapan yang diperlukan sesuai dengan PK dan Data pelanggan yang akan diperiksa (TO).
- 2) Didalam melakukan pemeriksaan Jaga tata tertib dan sopan santun
- 3) Mengetuk pintu terlebih dahulu dan melapor (ke Pos penjagaan bila ada) serta jelaskan maksud dan tujuan ,dan minta ijin untuk melakukan kegiatan pemeriksaan APP dan instalasi pelanggan ,serta minta didampingi selama melakukan pemeriksaan.
- 4) Buatlah Laporan tertulis kepada atasan yang menugaskan.

h. Langkah kerja :

- 1) Lakukan pencatatan data pelanggan dan cocokan data dalam rekening dengan data DIL .
- 2) Lakukan Pencatatan data teknis APP al. data kWh meter, kVrh meter, Nilai Pembatas, sakelar waktu, Trafo arus, Segel dan stand KWh ,kvrh.
- 3) Lakukan pemeriksaan APP al. kondisi segel dan fisik APP.
- 4) Lakukan pengukuran beban P1 dan P2 dalam waktu bersamaan :
 - a) Cara pengukuran daya sesaat dengan pengukuran arus. Lakukan pengukuran arus pada masing-masing fasa (hitung arus rata-rata), ukur tegangan fasa-fasa. Rumus pengukuran daya sesaat :

$$P2 = (\sqrt{3} E \times I \times \text{Cos } \phi) . \text{ Watt}$$

- b) Cara pengukuran daya sesaat dengan putaran kWh meter. Lakukan pengukuran putaran piringan dengan stop watch pada putaran (n) tertentu, catat t dalam detik.

a. Pemasangan Trafo, Neutral Current Transformer (Nct) & Neutral Grounding Resistance (Ngr)

- 1) Pemasangan transformator daya, neutral current transformer (NCT) & neutral grounding resistance (NGR) :
 - a) Pemasangan trafo pada dudukan (pondasi) yang telah disediakan, dengan menggunakan alat pengangkat yang memadai.
 - b) Posisi pondasi (dudukan) harus benar-benar presisi (level).
 - c) Pada saat mengangkat (mengangkat), menggeser dan memasang trafo harus diperhatikan posisi yang ditentukan oleh Pabrik.
 - d) Pada saat pemasangan trafo daya/ trafo pentanahan, semua perlengkapannya harus dilepas dan trafo dalam keadaan kosong (tanpa minyak).
- 2) Melaksanakan pemasangan (assembling) perlengkapan trafo, yang terdiri dari radiator, conservator, tap changer box, pipa-pipa, bushing - bushing, meter-meter, dan perlengkapan lainnya :
 - a) Pada saat membuka katup-katup dan segel-segel pada trafo harus dijaga agar tidak ada udara yang masuk ke dalam trafo.
 - b) Tujuan pemasangan katup-katup dan segel-segel ini adalah untuk melindungi belitan (kumparan) trafo dari kelembapan pada saat proses pengiriman sejak dari pabrik sampai ke lokasi pekerjaan.
- 3) Melaksanakan filtering minyak trafo :
 - a) Memindahkan minyak trafo dari drum ke tangki mesin filtering.
 - b) Melakukan vacum (penghampaan udara) tangki trafo, memanaskan dan menyaring minyak trafo dan memasukkan minyak trafo ke tangki utama minyak trafo.
- 4) Internal dan eksternal wiring :
 - a) Internal wiring bisa dilaksanakan tanpa harus menunggu komponen lain selesai dikerjakan.
 - b) Eksternal wiring baru bisa dilaksanakan setelah komponen lain selesai dikerjakan.
- 5) Menghubungkan (connecting) trafo ke peralatan lain, misalnya dari:
 - a) Bushing ke arrester.
 - b) Netral trafo ke tahanan pentanahan (NGR).
 - c) Terminal 20 KV ke sel 20 KV.
 - d) Dan lain sebagainya.
- 6) Pekerjaan lain-lain :
 - a) Memasang instalasi pembumian sesuai dengan sistem yang telah ditentukan.
 - b) Membersihkan dan melakukan pengecatan pada body (bagian) trafo yang lecet.

b. Pemasangan Disconnecting Switch (Ds), Circuit Breaker (Cb) & Rel (Busbar)

1) Urutan dan ruang lingkup pekerjaan :

- a) Didahului dengan memasang rel (busbar) pada posisi jarak yang benar.

- b) Jika rel (busbar) tersebut harus dipasang pada serandang beam (gantry), maka insulator strings harus dipasang terlebih dahulu.
- c) Panjang rel (busbar) harus diperhitungkan secara cermat, agar andongan dan tegangan tariknya memenuhi persyaratan.
- d) Untuk pemasangan rel (busbar) yang menggunakan pin insulator (isolator tumpu), harus diperhatikan agar isolator tersebut tidak mengalami gaya tarik horizontal yang melebihi kemampuannya.
- e) Untuk rel (busbar) yang menggunakan pipa, sebelum dipasang harus diukur dengan teliti kebutuhannya, agar tidak kurang atau terlalu panjang.

2) Memasang disconnecting switch (DS) :

- a) Pemasangan harus menggunakan peralatan kerja (crane atau tackle chain block) yang memadai.
- b) Yang perlu diperhatikan, jarak antara dua kutub harus benar-benar tepat dengan melakukan penyetelan kontak geraknya (moving contact) dengan kontak tetapnya (permanent contact), antara kontak gerak dengan kontak gerak.
- c) Setelah terpasang dicoba dioperasikan dengan cara manual, sehingga diyakini hubungan kontak-kontaknya dapat terhubung dengan baik.

3) Memasang circuit breaker (CB) :

- a) Pemasangan harus menggunakan peralatan kerja (crane atau tackle chain block) yang memadai.
- b) Untuk CB dengan busur api minyak (OCB), harus dijaga agar tidak terjadi kebocoran minyak.
- c) Untuk CB dengan pemadam busur api semburan udara (ACB) atau pemadam busur api SF 6 (SF 6 CB), pada saat pemasangan, lubang-lubang tempat penyambungan pipa-pipanya tidak boleh cacat dan tidak boleh bocor.

4) Pemasangan Lightning Arrester (La), Current Transformer (Ct) & Capacitor Voltage Transformer (Cvt)

- a) Memasang LA, CT dan CVT pada serandangnya masing-masing :
 - (1) Pada saat pengangkat (handling) dan pemasangan (installing), harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan peralatan kerja yang memadai.
 - (2) Harus diperhatikan posisi dan arah peralatan tersebut.
 - (3) Memperkuat sambungan peralatan dengan dudukan serandangkan (plendes), dengan cara memperkuat baut-bautnya.
 - (4) Memasang panel-panel dan perlengkapan lainnya dari LA, CT dan CVT.
 - (5) Memasang konduktor penghubung (connecting wire) antara LA, DS, CB, dengan peralatan listrik lainnya dengan menggunakan klem-klem.
 - (6) Menutup panel-panel dengan benar dan sealing-sealing harus dalam posisi dan kondisi yang baik.

5) Pemasangan Panel Kontrol (Control Panel) & Panel Relay (Relay Panel)

- a) Memasang panel-panel pada posisi (pondasi) yang telah disediakan : Pada saat mengangkat (handling) dan pemasangan (installing), harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan peralatan kerja yang memadai.
- b) Komponen pada panel-panel memiliki akurasi dan sangat presisi, serta kepekaan (sensitivity) yang tinggi.
- c) Pemasangan bolt & nut atau mengelas antara dudukan panel dengan panel-panel (penyetelan posisi panel-panel).

- d) Memasang pengikat antara panel yang satu dengan yang lainnya, dengan menggunakan bolt & nut atau bentuk pengikat lainnya yang dipersyaratkan.
- e) Panel-panel ini dipasang di dalam gedung kontrol (control building) Gardu Induk.

6) Pemasangan Sel Tegangan Menengah 20 Kv

- a) Memasang sel 20 KV pada posisi (pondasi) yang telah disediakan
- b) Pada saat mengangkat (handling) dan pemasangan (installing), harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan peralatan kerja yang memadai.
- c) Komponen-komponen dalam cubicle yang memiliki kepekaan (sensitivity) tinggi, misal : CB dan LBS, sebelum pemasangan cubicle harus dilepas terlebih dahulu.
- d) Pemasangan bolt & nut atau mengelas antara pondasi dengan cubicle (penyetelan posisi cubicle).
- e) Memasang pengikat antara cubicle yang satu dengan yang lainnya, menggunakan bolt & nut atau bentuk pengikat lainnya yang dipersyaratkan.
- f) Memasukkan dan memasang kembali CB dan LBS ke dalam cubicle.
- g) Memasang kabel power :
 - (1) Kabel power sebagai sebagai penyulang (feeder) yang menuju ke jaringan tegangan menengah (JTM).
 - (2) Kabel power dari arah transformator daya menuju ke cubicle.
 - (3) Memasang Indoor Termination Kit pada sisi cubicle dan Out Door Termination Kit pada sisi JTM (SUTM).
- h) Memeriksa kontak-kontak dari CB dan LBS, apakah telah dapat terhubung dengan baik dengan rel (busbar).
- i) Sel tegangan menengah (cubicle) ini dipasang di dalam gedung control (control building) Gardu Induk.

c. Pemasangan Pentanahan (Grounding), Kawat Tanah (Ground Wire) Dan Neutral Grounding Resistance (Ngr)



Gambar 15.1. Neutral Grounding Resistance (NGR)

Komponen yang dipasang antara titik neutral trafo dengan pentanahan berfungsi untuk memperkecil arus gangguan yang terjadi.



Gambar 15.2. Neutral Grounding Resistance (Liquid)

Diperlukan proteksi yang praktis dan biasanya tidak terlalu mahal, karena karakteristik relay dipengaruhi oleh sistem pentanahan neutral.

- a) Melaksanakan galian tanah untuk tempat peletakan instalasi pentanahan.
- b) Memasang instalasi pentanahan yang berupa konduktor tembaga atau plat tembaga dan menyambungkannya dengan sempurna (pengelasan atau klem), sehingga membentuk jaringan pentanahan di switch yard.
- c) Setelah instalasi pentanahan terpasang, melakukan pengurugan kembali galian tanah.
- d) Menghubungkan batang pentanahan dengan jaringan pentanahan, pada posisi-posisi yang telah ditentukan.
- e) Menghubungkan semua serandang peralatan, serandang post/ beam ke instalasi pentanahan.
- f) Menghubungkan badan peralatan listrik yang bukan konduktor/ penghantar (bagian peralatan listrik yang dalam keadaan normal tidak berarus), yang diperkirakan bisa mengalirkan arus listrik jika terjadi gangguan atau induksi dengan instalasi pentanahan yang ada.
- g) Melakukan penarikan kawat tanah (ground wire) antara ujung serandang (post dan beam) paling atas yang satu dengan ujung serandang (post dan beam) paling atas yang lainnya.
- h) Menhubungkan kawat tanah (ground wire) dengan instalasi pentanahan, dengan klem-klem yang sesuai.
- i) Menghubungkan instalasi pentanahan gedung control dengan instalasi pentanahan pada switch yard.
- j) Menghubungkan badan panel-panel listrik di dalam gedung dengan instalasi pentanahan.

d. Pemasangan Panel Ac/ Dc Dan Battery

- 1) Memasang dudukan panel AC/ DC dan Battery.
- 2) Memasang panel-panel di atas dudukan (pondasi) yang telah ditentukan.
- 3) Memasang pengikat panel dengan posisi dudukan, dengan menggunakan bolt & nut atau di las.
- 4) Memasang dudukan Battery pada tempat yang telah disediakan.
- 5) Memasang (merangkai) Battery dengan hubungan seridi atas dudukannya dan memasang kabel penghubung dari panel DC ke kutub positif dan negatif.

- 6) Mengisi Battery dengan larutan elektrolit, sesuai dengan ketentuan teknis yang ditentukan.
- 7) Mengisi (to charge) Battery dengan menggunakan Battery Charger, sesuai dengan kapasitas Battery.

e. Penggelaran (Penarikan) Kabel Kontrol Dan Pengkabelan (Wiring)

- 1) Menggelar kabel pada got kabel (cable duct) sesuai dengan petunjuk yang telah ditentukan :
 - a) Sebelum penggelaran kabel dilaksanakan, harus terlebih dahulu diketahui ukuran, jumlah dan panjang kabel yang akan digelar.
 - b) Ukuran kabel tidak boleh terlalu pendek, penyambungan kabel sedapat mungkin dihindari karena untuk penyambungan dengan jointing diperlukan biaya yang cukup besar. Dalam hal tertentu penyambungan kabel tidak bisa diterima oleh Pemberi Kerja.
- 2) Jika ukuran kabel terlalu panjang, maka terjadi pemborosan dan bisa terjadi untuk pengkabelan yang lain mengalami kekurangan.
- 3) Memberi tanda sementara pada kabel-kabel yang telah digelar, agar pada saat penyambungan (connecting) antar peralatan dan pada terminal peralatan lebih mudah dan tidak terjadi kesalahan.
- 4) Membuat lobang-lobang diplat dasar panel, untuk letak “Cable Gland”, selanjutnya memasukkan kabel dari panel yang satu ke panel lainnya
- 5) Wiring antar peralatan, yang meliputi dan dengan ketentuan :
 - a) Wiring antar peralatan yang ada di switch yard dengan peralatan yang ada di gedung kontrol.
 - b) Wiring antar peralatan yang ada di switch yard dengan peralatan lainnya yang ada di switch yard.
 - c) Wiring antar peralatan yang ada di gedung kontrol dengan peralatan lainnya yang ada di gedung kontrol.
 - d) Ujung-ujung kabel tersebut dihubungkan dengan sepatu kabel (cable schoen), selanjutnya di klem di terminal-terminal peralatan.
 - e) Mengingat jumlah kode dalam kabel kontrol dan jumlah kabel kontrol yang dipasang cukup banyak, harus diberi tanda atau kode tertentu, agar tidak bingung dan tidak terjadi kesalahan.



Gambar 15.3. Wiring Kabel Dan Penandaan Saluran Kabel

- f) Pada saat wiring dan connecting digunakan peralatan komunikasi handy talky (HT).
- g) Wiring harus berpedoman dan mengikuti petunjuk yang telah ditentukan, yang biasanya kita sebut “*cable schedule*”.

7. Switch Yard (Switchgear)

- a. Adalah bagian dari gardu induk yang dijadikan sebagai tempat peletakan komponen utama gardu induk.
- b. Pemahaman tentang switch yard, pada umumnya adalah :
 - 1) Jika komponen utama gardu induk terpasang di area terbuka yang luas, maka disebut switch yard.
 - 2) Jika komponen utama gardu induk terpasang di area terbatas (sempit) dan di dalam gedung, maka disebut switchgear.
 - 3) Sebenarnya yang dimaksud switchgear, adalah peralatan yang ada di switch yard.
- c. Jadi yang dimaksud switch yard, adalah nama yang diperuntukkan bagi gardu konvensional.
- d. Sedangkan switchgear, adalah nama yang diperuntukkan bagi Gas Insulated Substation (GIS).

8. Transformator Daya



Gambar 15 4. Transformator Daya Pada GI Konvensional

- a. Berfungsi mentransformasikan daya listrik, dengan merubah besaran tegangannya, sedangkan frekuensinya tetap.
- b. Tranformator daya juga berfungsi untuk pengaturan tegangan.
- c. Transformator daya dilengkapi dengan trafo pentanahan yang berfungsi untuk mendapatkan titik neutral dari trafo daya. Peralatan ini disebut Neutral Current Transformer (NCT).
- d. Perlengkapan lainnya adalah pentanahan trafo, yang disebut Neutral Grounding Resistance (NGR).

9. Circuit Breaker (Cb)

- Adalah peralatan pemutus, yang berfungsi untuk memutus rangkaian listrik dalam keadaan berbeban (berarus).
- CB dapat dioperasikan pada saat jaringan dalam kondisi normal maupun pada saat terjadi gangguan.
- Karena pada saat bekerja, CB mengeluarkan (menyebabkan timbulnya) busur api, maka pada CB dilengkapi dengan pemadam busur api.
- Pemadam busur api berupa : Minyak (OCB), Udara (ACB) dan Gas (GCB).



Gambar 15.5. Circuit Breaker

10. Disconnecting Switch (Ds)



Gambar 15.6. Disconnecting Switch

- Adalah peralatan pemisah, yang berfungsi untuk memisahkan rangkaian listrik dalam keadaan tidak berbeban.
- Dalam GI, DS terpasang di :
 - 1) Transformator Bay (TR Bay).
 - 2) Transmission Line Bay (TL Bay).
 - 3) Busbar.
 - 4) Bus Couple.

- c. Karena DS hanya dapat dioperasikan pada kondisi jaringan tidak berbeban, maka yang harus dioperasikan terlebih dahulu adalah CB. Setelah rangkaian diputus oleh CB, baru DS dioperasikan.

11. Lightning Arrester (La)



Gambar 15.7. Lightning Arrester (La)

- a. Berfungsi untuk melindungi (pengaman) peralatan listrik di gardu induk dari tegangan lebih akibat terjadinya sambaran petir (lightning surge) pada kawat transmisi, maupun disebabkan oleh surya hubung (switching surge).
- b. Dalam keadaan normal (tidak terjadi gangguan), LA bersifat isolatif atau tidak bisa menyalurkan arus listrik.
- c. Dalam keadaan terjadi gangguan yang menyebabkan LA bekerja, maka LA bersifat konduktif atau menyalurkan arus listrik ke bumi.

12. Current Transformer (Ct)



Gambar 15.8. Current Transformer (Ct)

- a. Berfungsi merubah besaran arus dari arus yang besar ke arus yang kecil atau memperkecil besaran arus listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi arus untuk sistem pengukuran dan proteksi.
- b. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, yaitu memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi tegangan tinggi

13. Potential Transformer (Pt)

- a. Berfungsi untuk merubah besaran tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau memperkecil besaran tegangan listrik pada sistem tenaga listrik, menjadi besaran tegangan untuk pengukuran dan proteksi.
- b. Mengisolasi rangkaian sekunder terhadap rangkaian primer, dengan memisahkan instalasi pengukuran dan proteksi tegangan tinggi.

14. Transformator Pemakaian Sendiri (Tps)

- a. Berfungsi sebagai sumber tegangan AC 3 phasa 220/ 380 Volt.
- b. Digunakan untuk kebutuhan intern gardu induk, antara lain untuk :
 - 1) Penerangan di switch yard, gedung kontrol, halaman GI dan sekeliling GI
 - 2) Alat pendingin (AC).
 - 3) Rectifier.
 - 4) Pompa air dan motor-motor listrik.
 - 5) Peralatan lain yang memerlukan listrik tegangan rendah.

15. Rel (Busbar)



Gambar 15.9. Rel (Busbar) Pada GI Konvensional

- a. Berfungsi sebagai titik pertemuan/ hubungan (connecting) antara transformator daya, SUTT, SKTT serta komponen listrik lainnya yang ada pada switch yard.
- b. Komponen rel (busbar) antara lain :
 - 1) Konduktor (AAAC, HAL, THAL, BC, HDCC).
 - 2) Insulator String & Fitting (Insulator, Tension Clamp, Suspension Clamp, Socket Eye, Anchor Sackle, Spacer).

16. Gedung Kontrol (Control Building)



Gambar 15.10. Gedung Kontrol (Control Building)

Gedung Kontrol berfungsi sebagai pusat aktifitas pengoperasian gardu induk. Pada gedung kontrol inilah operator bekerja mengontrol dan mengoperasikan komponen – komponen yang ada di gardu induk.

17. Panel Kontrol (Control Panel)



Gambar 15.11. Panel Kontrol (Control Panel)

- a. Berfungsi untuk mengetahui (mengontrol) kondisi gardu induk dan merupakan pusat pengendali lokal gardu induk.
- b. Didalamnya berisi sakelar, indikator - indikator, meter-meter, tombol-tombol komando operasional PMT, PMS dan alat ukur besaran listrik, serta annunciator. Berada satu ruangan dengan tempat operator bekerja.
- c. Terdiri dari :
 - 1) Transmission line control panel (TL control panel).
 - 2) Transformator control panel (TL control panel).
 - 3) Fault recorder control panel.
 - 4) KWh meter dan fault recorder panel.
 - 5) LRT control panel.
 - 6) Bus couple control panel.
 - 7) AC/DC control panel.
 - 8) Synchronizing control panel.
 - 9) Automatic FD switching panel.
 - 10) D/L control panel.

18. Panel Proteksi (Protection Panel/ Relay Panel)



Gambar 15.12. Panel Proteksi (Protection Panel/ Relay Panel)

- a. Tempat almari relay-relay pengaman yang dikelompokkan dalam bay, sehingga mudah dalam pengontrolan dan operasionalnya.
- b. Berfungsi untuk memproteksi (melindungi sistem jaringan gardu induk) pada saat terjadi gangguan maupun karena kesalahan operasi.
- c. Didalamnya berisi peralatan-peralatan elektro dan elektronik, dan lain-lain yang bersifat presisi.
- d. Untuk mempertahankan kondisi ideal dan presisi panel proteksi, maka diperlukan alat pendingin dengan suhu tertentu dan harus kontinyu.
- e. Setiap relay yang terpasang dan panel proteksi, diberi nama relay sesuai fungsinya.
- f. Relay panel terdiri dari :
 - a) Transmission line relay panel (relay panel TL).
 - b) Transformator relay panel (relay panel TR).
 - c) Busbar protection relay panel.

19. Sumber Dc Gardu Induk

- a. Rectifier :
 - 1) Alat listrik yang berfungsi untuk merubah arus bolak-bolak menjadi arus searah, sesuai dengan kapasitas yang diperlukan (kapasitas battery).
 - 2) Rectifier harus selalu terhubung dengan battery dan harus diperiksa kondisi batterynya secara periodik dan rutin.
- b. Battery :
 - 1) Alat yang menghasilkan sumber tenaga listrik arus searah yang diperoleh dari hasil proses kimia.
 - 2) Sumber DC berfungsi untuk menggerakkan peralatan kontrol, relay pengaman, motor penggerak CB, DS, dan lain-lain.
 - 3) Sumber DC ini harus selalu terhubung dengan rectifier dan harus diperiksa secara rutin kondisi air, kebersihan dan berat jenisnya.



Gambar 15.13. Baterai Sumber Dc Gardu Induk

20. Panel AC / DC

- a. Alat listrik yang berupa lemari pembagi.
- b. Didalamnya terpasang sakelar kecil (mini circuit breaker) atau fuse-fuse, sebagai pembagi beban dan pengamanan dari instalasi terpasang gardu induk.

21. Cubicle 20 Kv (Hv Cell 20 Kv)

- a. Adalah sistem switchgear untuk tegangan menengah (20KV) yang berasal dari output trafo daya, yang selanjutnya diteruskan ke konsumen melalui penyulang (feeder) yang tersambung (terhubung) dengan cubicle tersebut.
- b. Dari penyulang (feeder) inilah listrik disalurkan (didistribusikan) ke pusat-pusat beban.
- c. Komponen dan rangkaian cubicle, antara lain :
 - 1) Panel penghubung (couple).
 - 2) Incoming cubicle.
 - 3) Circuit breaker (CB) dan Current Transformer (CB).
 - 4) Komponen Proteksi dan pengukuran.
 - 5) Bus sections.
 - 6) Feeder atau penyulang.

B. PEKERJAAN PENINGKATAN KAPASITAS (UP - RATING) GARDU INDUK

Jika GI yang ada masih memiliki area tanah yang memungkinkan untuk peningkatan kapasitas GI, maka bisa dilakukan peningkatan kapasitas GI, yang biasa disebut dengan “Up rating”, dengan cara :

1. Mengganti Transformator Daya dan komponen lainnya, dari kapasitas yang kecil menjadi kapasitas yang lebih besar. Jika kemampuan busbar nya tidak mencukupi, harus dilakukan re-conductoring busbar.
2. Menambah Transformator Bay (pemasangan Transformator Daya) baru, beserta komponen lainnya.
3. Penambahan TR Bay baru diikuti dengan penambahan Transmission Line Bay (TL Bay) baru.
 - a. Up-rating GI banyak dilakukan di Indonesia, karena pada umumnya GI-GI yang ada telah direncanakan untuk mampu dikembangkan (ditingkatkan)

kapasitasnya, sehingga area tanahnya telah disiapkan untuk mampu memenuhi peningkatan kapasitas GI dalam kurun waktu tertentu.

- b. Pekerjaan up-rating atau perluasan (peningkatan) kapasitas GI, dikategorikan dengan **“pekerjaan pada kondisi khusus”**.
- c. **“Pekerjaan pada kondisi khusus”** yang dimaksudkan disini adalah, pada saat melaksanakan pekerjaan harus dilakukan di daerah dan dalam kondisi tempat kerja bertegangan. (Pangestuningtyas, 2009:20)
- d. Pada saat pelaksanaan pekerjaan berlangsung, gardu induk lama harus tetap bekerja dengan normal.
- e. Beberapa hal yang perlu diketahui dan diperhatikan pada pekerjaan up- rating Gardu Induk :
 - 1) Dalam merencanakan perluasan dan melaksanakan pekerjaan up- rating harus dipertimbangkan agar jangan sampai terjadi pemadaman.
 - 2) Jika terpaksa terjadi pemadaman , maka tidak boleh terlalu lama.
 - 3) Terjadinya pemadaman akan menyebabkan kerugian pada pelanggan, citra PLN menurun, losses daya listrik meningkat dan daya listrik tidak terjual.
 - 4) Dalam melaksanakan pekerjaan up-rating GI harus benar-benar teliti dan hati-hati, karena tidak boleh mengganggu dan menyebabkan timbulnya gangguan pada gardu induk eksisting yang sedang beroperasi.
- 5) Mempersiapkan gambar pelaksanaan, time schedule dan kurva S di lokasi pekerjaan.
- 6) Menyediakan peralatan kerja yang sesuai dan memadai, karena pada umumnya areal (lokasi) pekerjaan yang sangat sempit dan padadaerah bertegangan.
- 7) Intensifikasi pengawasan dan pengkoordinasian yang ketat terhadap semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan, khususnya pengawasan terhadap pekerja di lapangan.
- 8) Menginventarisir dan mengetahui dengan pasti tentang pekerjaan-pekerjaan yang akan dilaksanakan.
- 9) Pada saat melaksnakan pekerjaan di bawah daerah yang bertegangan, harus diperhatikan benar jarak bebas (clearance) antara peralatan kerja dan para pekerja terhadap peralatan yang bertegangan tersebut.
- 10) Jika terjadi pemadaman, maka sebelum diadakan penyambungan harus diketanahkan (grounding) terlebih dahulu bagian-bagian yang tadinya bertegangan (beroperasi).

C. PERATURAN UMUM KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA (K3) YANG HARUS DILAKSANAKAN

Dalam pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada gardu induk ada beberapa peraturan umum yang harus dilaksanakan oleh seluruh staf dan karyawan. Peraturan umum itu antar lain :

1. Seluruh karyawan dan pekerja yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan harus memahami dan mematuhi kaedah dan peraturan keselamat dan kesehatan kerja.

2. Semua yang terlihat dalam pelaksanaan pekerjaan harus peduli dan tanggap akan bahaya kebakaran yang mungkin timbul.



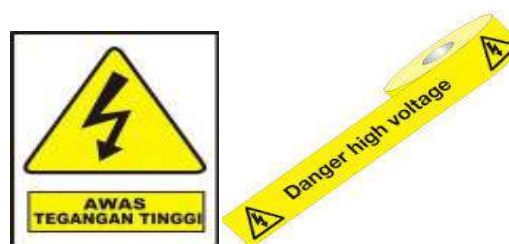
Gambar 15.14. Siaga kebakaran

3. Penanggung jawab K3 harus menetapkan sanksi atau hukuman terhadap pelanggaran peraturan K3.
4. Orang yang tidak berkepentingan dilarang masuk.
5. Semua yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan yang berupa gardu induk harus peduli dan tanggap untuk menjaga kerapian dan kebersihan pada lokasi perbaikan



Gambar 15.15. Jagalah Kebersihan

6. Pada lokasi – lokasi yang berbahaya harus dipasang tanda – tanda peringatan adanya bahaya seperti zona terlarang yang merupakan daerah vital yang memiliki tingkat kecelakaan cukup tinggi sehingga diperlakukan izin untuk masuk.



Gambar 15.16. Tanda Bahaya Tegangan Tinggi

1. Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) gardu induk

Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) ini memuat kebijakan K3, daftar dokumen berupa prosedur kerja yang terkait K3 dan instruksi kerja K3, serta bagan organisasi K3. Pedoman Sistem Manajemen K3 ini dapat digunakan sebagai informasi kepada pelanggan dan berbagai pihak yang berkepentingan sehubungan dengan pekerjaan yang dilaksanakan di gardu induk. Pedoman Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) ini juga digunakan sebagai bahan pelatihan pegawai gardu induk dalam memahami komitmen perusahaan dan peranan mereka dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

2. Keamanan Bekerja Berdasarkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Dalam Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), keamanan bekerja harus diperhatikan dan diutamakan oleh seluruh staf dan pegawai yang terlibat dalam perbaikan instalasi. Keamanan bekerja harus tercermin dari beberapa faktor – faktor berikut :

a. Sistem Kerja

- 1) Potensi bahaya dan nilai resikonya dalam proses kerja yang harus diidentifikasi dan dinilai oleh petugas yang berkompeten.
- 2) Upaya pengendalian resiko dibahas dalam rapat tinjauan Sistem Manajemen K3 di tempat kerja.
- 3) Semua pekerjaan yang beresiko tinggi setelah dilakukan inspeksi yang ketat harus diberlakukan prosedur “ ijin kerja “ sebelum pekerjaan dimulai dan disetujui oleh para ahli keselamatan kerja atau para ahli yang berkompeten.
- 4) Metode kerja yang aman untuk seluruh resiko yang diidentifikasi dan didokumentasi.
- 5) Alat pelindung diri harus tersedia dan digunakan secara tepat dan selalu terpelihara, dan sebelum digunakan harus diperiksa dan sesuai standar serta layak pakai.
- 6) Bila terjadi perubahan metode kerja / proses kerja maka pola pengendalian resiko harus diuji oleh.
- 7) Untuk pekerjaan berbahaya hanya dilakukan oleh personil yang telah terlatih dan profesional serta memenuhi syarat yang ditetapkan.

b. Tugas dan Waktu Kerja

Pegawai atau Petugas yang berada pada instalasi Tegangan Tinggi (TT) dibagi menjadi dua bagian yaitu :

- 1) Operator Gardu Induk yang bertugas memantau beban trafo sutter dan memantau peralatan yang terpasang di Gardu Induk (GI).
- 2) Petugas pemeliharaan bertugas memelihara peralatan instalasi Tegangan tinggi (TT).
- 3) Jam kerja karyawan Gardu Induk dan Pemeliharaan diatur pada jadwal yang telah ditentukan :
- 4) Pada jam kerja operator gardu induk diatur pada jadwal yang ditentukan 24 jam, jam kerja operator gardu induk dibagi menjadi 3 shift yaitu : jam 07.30 WIB – 15.00 WIB, 15.00 WIB – 22.00 WIB , 22.00 WIB – 07.30 WIB.
- 5) Pada jam kerja bagian Pemeliharaan yaitu jam kerja dilakukan setiap hari yaitu pada pukul 07.30 WIB – 16.00 WIB.

c. Pengawasan

- 1) Tiap pekerjaan yang berlangsung harus diawasi untuk memastikan dilaksanakannya pekerjaan yang aman dan mengikuti instruksi dan pedoman kerja yang telah ditetapkan.
- 2) Setiap orang diawasi berdasarkan tingkat kemampuan dan tingkat resiko tugasnya.

- 3) Pengawas harus serta mengidentifikasi bahaya dan melakukan upaya pengendalian.
- 4) Pengawas harus ikut serta dalam pelaporan dan penyelidikan.
- 5) Pekerja pemeliharaan peralatan instalasi Tegangan Tinggi (TT) diawasi oleh 3 pengawas yaitu :
 - a) Pengawas Manuver, Pengawas yang bertugas langsung di lokasi pekerjaan, mengontrol semua pekerja yang terlibat dan semua pekerjaan yang dilakukan, dan mengetahui apakah pekerjaan tersebut sesuai dengan prosedur atau tidak.
 - b) Pengawas Pekerjaan , Pengawas yang bertugas mengontrol suatu pekerjaan yang sedang berlangsung, mengetahui kekurangan – kekurangan hasil yang telah dikerjakan, dan memberikan pengarahan kepada pekerja jika pekerjaan yang dilakukan tidak sesuai.



Gambar 15.17. Pengawasan pekerjaan

- c) Pengawas K3, Pengawas yang bertugas mengontrol kelengkapan keselamatan pekerja dalam melakukan suatu pekerjaan sehingga tidak terjadinya kecelakaan.

d. Seleksi dan Penempatan Tenaga Kerja

- 1) Tenaga kerja yang dipekerjakan harus diseleksi dan ditempatkan sesuai persyaratan tugasnya dan persyaratan kesehatnnya.
- 2) Penugasan pekerjaan harus disesuaikan dengan kemampuan dan tingkat ketrampilan masing – masing tenaga kerja.

e. Lingkungan Kerja

- 1) Lingkungan kerja di Gardu Induk Tegangan Tinggi, semua pekerja instalasi Tegangan Tinggi (TT) berbahaya , resiko kecelakaan tinggi , pada pelaksanaan pekerjaan pemeliharaan wajib mengikuti atau melaksanakan Sistem Operasional Prosedur (SPO) yang telah ditetapkan.
- 2) Tempat – tempat yang memiliki pembatasan izin masuk harus dikendalikan.
- 3) Rambu – rambu peringatan K3 dan tanda – tanda daerah berbahaya harus dipasang sesuai instruksi.
- 4) Lingkungan kerja harus dinilai agar diketahui daerah – daerah yang harus memiliki pembatasan izin masuk.

f. Kesiapan Untuk Menangani Keadaan Darurat

- 1) Keadaan darurat seperti kebakaran telah dikutip dalam Sistem Operasional Prosedur (SOP) penanggulangan kebakaran baik di kantor region maupun di unit– unit pelaksanaan. (BSNI,2005:2).
- 2) Keadaan darurat yang potensial di sekitar tempat kerja telah diidentifikasi sesuai dengan instruksi kerja Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)
- 3) Kondisi keadaan darurat setidaknya diuji sekali dalam 3 tahun.
- 4) Intruksi kerja untuk keadaan darurat perlu diuji dan ditinjau ulang secara periodik oleh petugas yang berkompeten.
- 5) Tenaga kerja mendapatka penjelasan dan pelatihan instruksi kerja keadaan darurat.
- 6) Petugas penanganan keadaan darurat diberikan pelatihan khusus.
- 7) Pemberitahuan kondisi keadaan darurat diberikan secara jelas dan diketahui oleh seluruh tenaga kerja.
- 8) Alat dan sistem keadaan darurat diperiksa , diuji dan dipelihara secar berkala.
- 9) Kesesuaian penempatan dan kemudahan untuk mendapatkan alat keadaan darurat telah dinilai oleh ahli yang berkompeten.
- 10) Pengujian keadaan darurat meliputi : pengujian sistem alarm ,lampu emergency, tanda keluar, pintu darurat, peralatan P3K, fasilitas komunikasi (internal &eksternal), tempat evakuasi dan peralatan pemadam.

D. PERALATAN PELINDUNG TUBUH

Selain faktor – faktor keamanan bekerja yang telah disebutkan diatas, ada beberapa hal penting mengenai perlengkapan pelindung tubuh untuk menjaga keselamatn pekerja di lapangan,antara lain (Alat Pelindung Diri/APD) :

1. Semua pekerja, karyawan dan tamu harus menggunakan topi pengaman saat (Helm) saat berada di lapangan.



Gambar 15.18. Helm proyek

2. Sabuk pengaman dan tali penyelamat harus digunakan saat bekerja pada ketinggian di atas 2 meter.



Gambar 15.19. Sabuk pengaman

3. Pakai seragam oprator Gardu Induk Tegangan Tinggi atau seragan pengaman untuk kerja di lapangan.



Gambar 15.20. Werpack

4. Sarung tangan harus digunakan sewaktu memegang barang atau benda yang menimbulkan listrik atau pada saat memperbaiki listrik tegangan tinggi / instalasi listrik.



Gambar 15.21. Pengaman Tangan

5. Pelindung Tangan (Sarung tangan), Melindungi tangan dan lengan terhadap debu/kotoran dan bahaya benturan benda keras.
6. Sarung tangan tahan tegangan, Melindungi tangan dan lengan terhadap bahaya listrik.
7. Pelindung Kaki (Sepatu), Melindungi kaki dan sebagai isolasi.
8. Alat pelindung telinga harus digunakan jika bekerja pada situasi kerja yang bising atau pada ruangan trafo tegangan tinggi.
9. Sepatu tahan tegangan, Melindungi kaki dan sebagai isolasi dari bahaya listrik.



Gambar 15.22. Sepatu lapangan/proyek

10. Masker pelindung mulut dan hidung, melindungi saat bernafas ketika dalam pengerjaan penggantian minyak trafo.



Gambar 15.23. Masker pelindung

11. Penggunaan tangga pada saat berkerja di tempat tinggi

Pada saat bekerja di tempat yang tinggi harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- a. Tangga digunakan untuk memperbaiki instalasi listrik yang berada pada ketinggian.
- b. Tangga terdapat berapa macam ada tangga yang berbentuk huruf A dan tangga yang memiliki tinggi lebih dari 2 meter dan disambung – sambung.
- c. Pemakaian tangga untuk keadaan berbahaya harus sesuai dengan Sistem Operasional Prosedur (SOP).
- d. Kemiringan tangga harus diatur sedemikian rupa sehingga aman saat digunakan.

12. Kondisi pekerjaan di tempat yang tinggi.

Yang dimaksud bekerja di tempat tinggi adalah kondisi dimana terjadi perbedaan ketinggian pada lokasi pekerjaan sehingga kemungkinan terjadinya kecelakaan cukup besar. ketentuan – ketentuan yang harus diperhatikan :



Gambar 15 24. Berani ketinggian

- a. Pekerja harus dalam keadaan sehat, tidak takut ketinggian, menggunakan APD yang sesuai dengan aspek kerja.
- b. Harus dilakukan briefing/ pembekalan oleh pengawas kepada pekerja yang akan berkerja.
- c. Pekerja haruslah orang yang telah mahir melakukan pekerjaan pada ketinggian.
- d. Pekerja harus memiliki atau mengacu pada DP3 (Dokumen Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan) dan SOP (Sistem Operasional Prosedur).

13. Prosedur Izin Kerja Untuk Pekerjaan Berbahaya atau Berisiko Tinggi

Tujuan dibuatnya prosedur izin kerja untuk keadaan berbahaya dan berisiko tinggi adalah untuk memberikan pedoman pada seluruh karyawan, tenaga kerja dan mitra kerja tentang persyaratan yang harus dipenuhi sebelum melakukan pekerjaan yang berisiko tinggi dalam rangka keselamatan dan kesehatan kerja. (SNORRE,2002:20).

Pekerjaan berbahaya yang rutin dilaksanakan yaitu pada pemeliharaan peralatan Tegangan Tinggi (TT), maka dari itu prosedur kerjanya telah diatur dalam DP3 (Dokumen Prosedur Pelaksanaan Pekerjaan) meliputi sebagai berikut :

- a. Briefing rencana kerja.
- b. Izin pembebasan instalasi untuk dikerjakan
- c. Pelaksanaan manuver pembebasan tegangan , yaitu pelaksanaan yang dilakukan pada instalasi yang seluruh tegangan di non-aktifkan.
- d. Pernyataan pekerjaan selesai.

14. Pemeliharaan Pada Instalasi GI / GITET

Pemeliharaan peralatan listrik tegangan tinggi adalah serangkaian tindakan atau proses kegiatan untuk mempertahankan kondisi dan meyakinkan bahwa peralatan dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga dapat dicegah terjadinya gangguan yang menyebabkan kerusakan.

Tujuan utamanya untuk menjamin kontinuitas penyaluran tenaga listrik dan menjamin keandalan sistem sistem tenaga listrik. Pada GI / GITET pemeliharaan terdiri dari:

- a. **In service inspection** yaitu kegiatan pemeliharaan berupa pengamatan visual pada bagian-bagian peralatan terhadap adanya perubahan pada peralatan yang berpotensi untuk menurunkan unjuk kerja peralatan atau merusak sebagian / keseluruhan peralatan.
- b. **In service measurement** yaitu kegiatan pengukuran / pengujian yang dilakukan pada saat peralatan sedang dalam keadaan bertegangan / beroperasi.
- c. **Shutdown testing/ measurement** yaitu pekerjaan pengujian yang dilakukan pada saat peralatan dalam keadaan padam. Pekerjaan ini dilakukan pada saat pemeliharaan rutin maupun pada saat investigasi ketidaknormalan.
- d. **Shutdown treatment** yaitu pekerjaan untuk memperbaiki perubahan pada peralatan yang ditemukan pada saat in service inspection/measurement atau menindaklanjuti shutdown testing / measurement.

Hal – hal yang perlu diperhatikan pada saat bekerja dalam kondisi yang bebas tegangan adalah sebagai berikut:

- a. Memperhatikan perlengkapan bebas tegangan.
- b. Tempat kerja telah dinyatakan aman oleh pengawas
- c. Perlengkapan yang dikerjakan harus dibumikan
- d. Bila ada sirkuit ganda :Pekerjaan dilakukan pada salah satu sirkuit, Masing-masing kawat harus dibumikan pada kedua ujungnya tempat yang berdekatan dengan yang dikerjakan.
- e. Harus ada penanggungjawab / pengawas penuh pada sirkuit tersebut.
- f. Pekerjaan boleh dimulai bila semua persyaratan tersebut atas telah dipenuhi

E. MASALAH DALAM PELAKSANAAN K3 DI GARDU INDUK

PT.PLN Persero telah menerapkan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dengan cara menetapkan beberapa Peraturan, Pedoman, Kebijakan dan Prosedur kerja yang bertujuan unruk mencegah dan mengendalikan potensi bahaya kecelakaan yang timbul saat berlangsungnya operasi.

Dalam pelaksanaan pengoperasian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di gardu induk terdapat beberapa masalah yang berkaitan dengan pengoperasian teknis karyawan maupun lingkungan dimana terdapat beberapa hal yang merugikan perusahaan maupun masyarakat di lingkungan sekitar. Kecelakaan kerja yang terjadi pada karyawan banyak diakibatkan oleh kelalaian dalam menggunakan APD dalam melaksanakan tugas serta tingginya angka kecelakaan yang diakibatkan oleh tegangan tinggi pada individu , keluarga dan masyarakat. (Musthafa, 2009:21)

Adapun permasalahan yang dihadapi PT.PLN Persero dalam penerapan SMK3 adalah :

1. Adanya beberapa pekerja yang tidak memenuhi kebijaksanaan keselamatan kerja yang telah ditetapkan perusahaan yaitu dengan mengkesampingkan pemakaian APD. Contohnya : pada saat perbaikan instalasi Gardu Induk Tegangan Tinggi masih ada pekerja yang tidak menggunakan APD dengan alasan tidak nyaman.



Gambar 15.25. Pekerja Tidak Pakai Pengaman

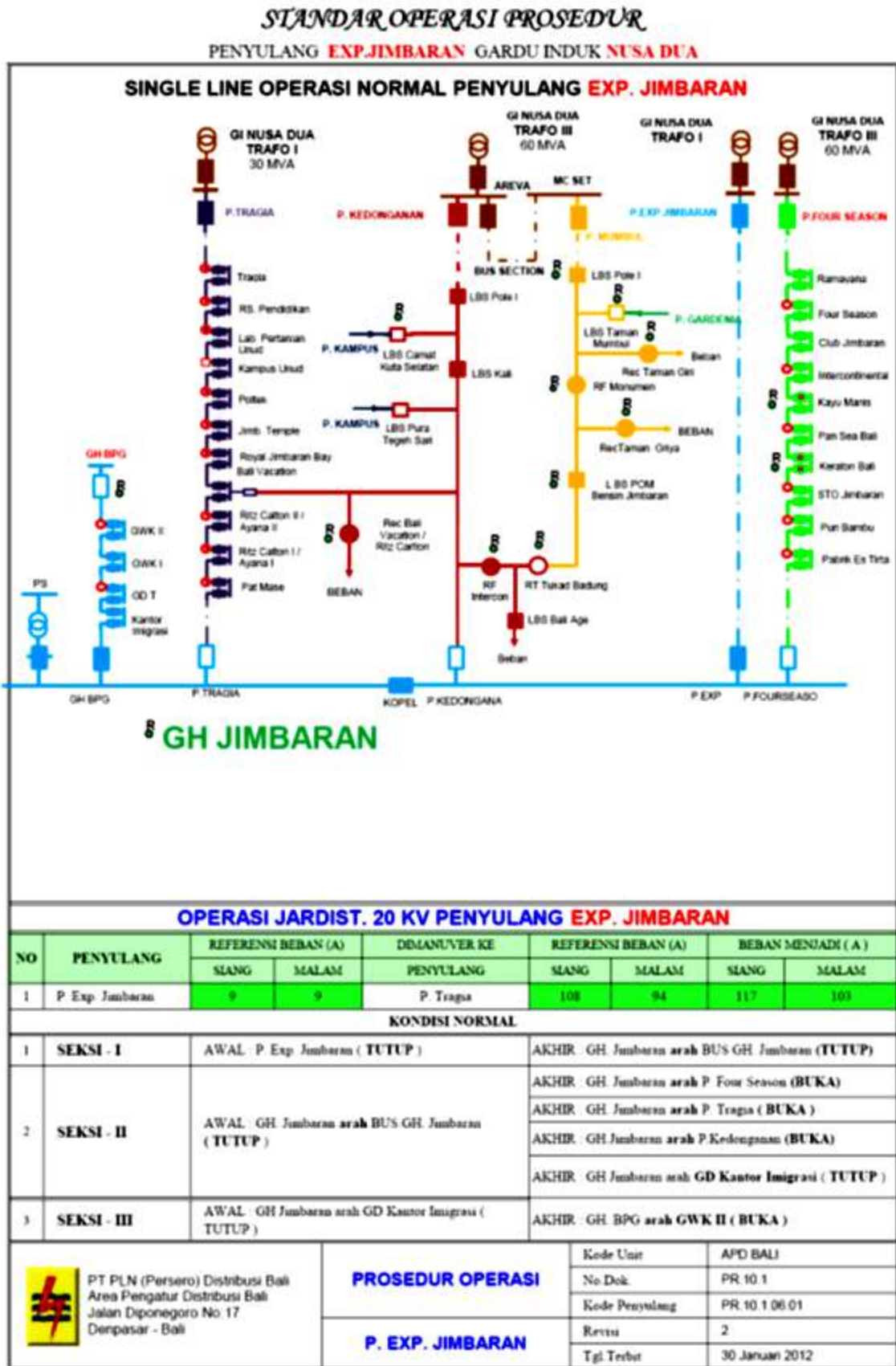
2. Kurang pahamnya pekerja mengenai prosedur kerja.


Contohnya : ada pekerja yang tidak memiliki surat izin kerja , tidak menggunakan sarung tangan saat perbaikan listrik dengan alasan hanya perbaikan sedikit ,dan pekerja yang tidak paham penggunaan peralatan kerja dan buku manual peralatan kerja terutama peralatan di luar yang berkaitan dengan sinar X,Radioaktif, Medan magnet dsb. (SNORRE,2002:20).

Solusi dari masalah tersebut yang bisa penulis utarakan adalah :















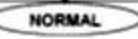
- a. Dengan memperkerjakan karyawan sesuai dengan keahlian masing – masing serta menyampaikan atau merealisasikan kebijakan K3 dengan kata – kata yang mudah di pahami oleh pegawai, melakukan inspeksi keselamatan dan kelengkapan alat pelindung diri yang berada di dalam kantor yang merupakan salah satu cara untuk menjaga agar kondisi peralatan tetap baik dan aman untuk digunakan.
- b. Dengan memberikan pelatihan – pelatihan kepada para pekerja mengenai prosedur kerja yang ditetapkan perusahaan, serta dengan melakukan breafing kecil saat melakukan tugas. Sehingga dengan begitu pegawai akan memahami prosedur kerja yang berlaku sehingga kecelakaan bisa dikurangi.


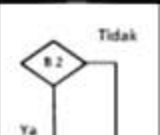
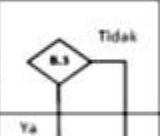
F. Contoh SOP di Gardu Induk



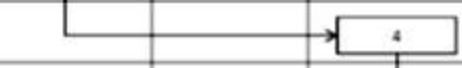


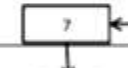
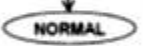


 PT PLN (Persero) Distribusi Bali Area Pengatur Distribusi Bali Jalan Diponegoro No. 17 Denpasar - Bali	PROSEDUR OPERASI		Kode Unit	APD BALI
	P. EXP. JIMBARAN		No Dok	PR 10 1
			Kode Penyulang	PR 10 1.06.01
			Revisi	2
		Tgl Terbit	30 Januari 2012	

KRONOLOGIS MANUVER					
NO	URAIAN	PETUGAS			KETERANGAN
		DISPAT APD	OPERATOR G I	AJ BALI SELATAN	
A	P. EXP Jimbaran (TRIP)	TRIP			Buka One Line P Exp Jimbaran di MMI
1	Cek Indikasi : - Jenis Gangguan (EF / OC / OC Moment) - Anus Gangguan (I >> / I > / I 0 >) - beban P Exp Jimbaran sebelum Trip - Baca Peta Anus Gangguan	1			Informasi ke Area Batan
A.1	Jika dalam Peta Anus Gangguan pada lokasi GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran ke arah GI maka gangguan dipastikan di Seksi I dan GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran ke arah GI - Lokalisir Seksi I sebelum GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran ke arah GI	A.1	Tidak		Gangguan di Line Utama
2	GH Jimbaran Arah P EXP Jimbaran di-BUKA - normalkan seksi yang tidak terganggu	2 - 3			
3	GH Jimbaran Arah P Traga di-TUTUP	A.2			
4	PMS 20 kV P Exp Jimbaran di-KELUARKAN - PMS Ground 20 kV P Exp Jimbaran di-MASUKAN	4			
5	Pengusutan Gangguan dilaksanakan di SEKSI-I sebelum GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran ke arah GI - Gangguan ditemukan langsung ditasi sesuai SOP Kerja Lapangan Penormalan Beban			5	Dari GI ulid GH Jimbaran arah P Exp Jimbaran
6	PMS Ground 20 kV P Exp Jimbaran di-KELUARKAN - PMS 20 kV P P_Exp Jimbaran di-MASUKAN			6	
7	P Exp Jimbaran di-TUTUP	7 - 9			
8	GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran di-TUTUP				P. EXP Jimbaran >< P Traga di Paralel sesuai
9	GH Jimbaran Arah P Traga di-BUKA				
		NORMAL			P EXP Jimbaran normal Operasi
A.2	Jika dalam Peta Anus Gangguan pada lokasi di GH Jimbaran maka gangguan dipastikan di Seksi II (GH Jimbaran) - Lokalisir Seksi I setelah GH Jimbaran Arah P EXP Jimbaran	A.2	Tidak		Gangguan diperkirakan di GH Jimbaran
2	GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran di-BUKA - normalkan seksi yang tidak terganggu	2 - 3			
3	P Exp Jimbaran di-TUTUP	A.3			
4	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di-BUKA				
5	GH BPG Arah GD GWK II di-TUTUP				
6	Pengusutan Gangguan dilaksanakan di SEKSI-II antara GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran dan GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi - Gangguan ditemukan langsung ditasi sesuai SOP Kerja Lapangan Penormalan Beban			6 - 7	di GH Jimbaran
7	GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran di-TUTUP				
8	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di-TUTUP	8 - 9			
9	GH BPG Arah GD GWK II di-BUKA				
		NORMAL			P Exp Jimbaran normal Operasi

 PT PLN (Persero) Distribusi Bali Area Pengatur Distribusi Bali Jalan Diponegoro No. 17 Denpasar - Bali		PROSEDUR OPERASI	
		P. EXP. JIMBARAN	
		Kode Unit	APD BALI
		No. Dok.	PR.10.1
		Kode Penyulang	PR.10.1.06.01
		Revisi	2
		Tgl. Terbit	30 Januari 2012
A.3	Jika Peta Anus Gangguan di lokasi antara GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi dan GH BPG arah GWK II maka gangguan dipastikan di seksi III (antara GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi dan GH BPG arah GWK II)		Gangguan di seksi III antara GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi dan GH BPG arah GWK II (Pastikan dengan melihat Peta Anus Gangguan)
	- Lokalisir Seksi I		
2	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di-BUKA		
	- Normalkan seksi yang tidak terganggu		
3	P EXP Jimbaran di-TUTUP		P EXP Jimbaran normal sampai GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi
4	Pengusutan gangguan dilakukan pada seksi III (antara GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi dan GH BPG arah GWK II)		
	- Gangguan ditemukan langsung diatasi sesuai SOP Kerja Lapangan		
	Penormalan Beban		
5	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di-TUTUP		
			P. Exp Jimbaran normal Operasi
B.1	Jika indikasi EF		
A.1	Jika GFD pada GD GWK II dan GD T tidak menyALA dan dalam Peta Anus Gangguan di lokasi GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran ke arah GI maka gangguan dipastikan di Seksi I dan GH Jimbaran Arah P.Exp Jimbaran ke arah GI		Gangguan di Line Utama
	- Lokalisir Seksi I sebelum GH Jimbaran Arah P.Exp Jimbaran ke arah GI		
2	GH Jimbaran Arah P EXP Jimbaran di-BUKA		
	- normalkan seksi yang tidak terganggu		
3	GH Jimbaran Arah P Tragia di-TUTUP		
4	PMS. 20 kV P.Exp Jimbaran di-KELUARKAN		
	- PMS. Ground 20 kV P.Exp Jimbaran di-MASUKAN		
5	Pengusutan Gangguan dilaksanakan di SEKSI-I sebelum GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran ke arah GI		Dari GI sid GH Jimbaran arah P.Exp Jimbaran
	- Gangguan ditemukan langsung diatasi sesuai SOP Kerja Lapangan		
	Penormalan Beban		
6	PMS. Ground 20 kV P.Exp Jimbaran di-KELUARKAN		
	- PMS. 20 kV P. P_Exp Jimbaran di-MASUKAN		
7	GH Jimbaran Arah P Exp Jimbaran di-TUTUP		
8	P Exp Jimbaran di-TUTUP		P. EXP Jimbaran >< P. Tragia di Paralel sesaat
9	GH Jimbaran Arah P Tragia di-BUKA		
			P.EXP Jimbaran normal Operasi

 PT PLN (Persero) Distribusi Bali Area Pengatur Distribusi Bali Jalan Diponegoro No. 17 Denpasar - Bali		PROSEDUR OPERASI	
		P. EXP. JIMBARAN	
		Kode Unit	APD BALI
		No. Dok.	PR 10.1
		Kode Penyulang	PR 10.1.06.01
		Revisi	2
		Tgl. Terbit	30 Januari 2012
B.2	Jika GFD pada GD GWK II dan GD T tidak me- NYALA maka gangguan dipastikan di seksi II (antara GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi dan GD T arah GWK I)		Gangguan di seksi II antara GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi dan GD T arah GWK I (Pastikan dengan melihat Peta Anus Gangguan)
	- Lokalisir Seksi I		
2	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di- BUKA	2-3	
	- Normalikan seksi yang tidak terganggu		
3	P EXP Jimbaran di- TUTUP	B.3	P EXP Jimbaran normal sampai GH Jimbaran arah GD Kantor
4	GD T arah GD GWK I di- BUKA	4	
5	GH BPG arah GWK II di- TUTUP	5	Beban Ekor P EXP Jimbaran di manuver ke P BPG
6	Pengusutan gangguan dilakukan pada seksi I (antara GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi dan GD T)	8-10	
	- Gangguan ditemukan langsung diatasi sesuai SOP Kerja Lapangan		
	Penormalan Beban		
7	GD T arah GD GWK I di- TUTUP		
8	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di- TUTUP		P EXP Jimbaran <- P BPG di Paralel sesuai
11	GH BPG arah GWK II di- BUKA	11	
		NORMAL	P. Exp Jimbaran normal Operasi
B.3	Jika GFD pada GD GWK II tidak me- NYALA akan tetapi GFD pada GD T me- NYALA maka gangguan dipastikan di seksi III setelah GD T (antara GDT dan GD GWK II)		Gangguan di seksi III antara GDT dan GD GWK II
	- Lokalisir Seksi I		
2	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di- BUKA	2-3	
3	P Exp Jimbaran di- TUTUP	B.4	
	- Normalikan seksi yang tidak terganggu		
4	GD T arah GWK I di- BUKA	4	
5	GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di- TUTUP	5	P EXP Jimbaran normal sampai GD T arah GWK I
6	GD GWK II arah GH BPG di- BUKA	6	
7	GH BPG arah GWK II di- TUTUP	7	Beban Ekor P EXP Jimbaran di manuver ke P BPG
8	Pengusutan gangguan dilakukan pada seksi III (antara GDT dan GD GWK II)	8-10	
	- Gangguan ditemukan langsung diatasi sesuai SOP Kerja Lapangan		
	Penormalan Beban		
9	GD T arah GWK I di- TUTUP		
10	GD GWK II arah GH BPG di- TUTUP		P EXP Jimbaran <- P BPG di Paralel sesuai
11	GH BPG arah GWK II di- BUKA	11	
		NORMAL	P. Exp Jimbaran normal Operasi

 PT PLN (Persero) Distribusi Bali Area Pengatur Distribusi Bali Jalan Diponegoro No. 17 Denpasar - Bali	PROSEDUR OPERASI		Kode Unit	APD BALI
			No. Dok.	PR. 10.1
	P. EXP. JIMBARAN		Kode Penyunting	PR. 10.1.06.01
			Revisi	2
			Tgl. Terbit	30 Januari 2012
B.4 Jika GFD pada GD GWK II dan GD T me-Nyala maka gangguan dipastikan di seksi III setelah GD GWK II (antara GD GWK II dan GH BPG)				Gangguan di seksi III antara GD GWK II dan GH BPG
- Lokalisir Seksi I				
2 GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di- BUKA				
3 P Exp Jimbaran di- TUTUP				
4 GWK II arah GH BPG di- BUKA				
- Normalkan seksi yang tidak terganggu				
5 GH Jimbaran arah GD Kantor Imigrasi di- TUTUP				P. EXP Jimbaran normal sampai GD GWK II arah GH BPG
6 Pengusutan gangguan dilakukan pada seksi III (antara GD GWK II dan GH BPG)				
- Gangguan ditemukan langsung ditasi sesuai SOP Kerja Lapangan				
Penormalan Beban				
7 GWK II arah GH BPG di- TUTUP				
				P. Exp Jimbaran normal Operasi
CATATAN :				
➤ JIKA REMOTE GAGAL , PETUGAS DISPATCHER APD BALI DAPAT LANGSUNG MELAKUKAN PERINTAH KEPADA OPERATOR GARDU INDUK ATAU PETUGAS AREA JARINGAN UNTUK MELAKUKAN PELEPASAN MAUPUN PEMASUKAN CB/ LBS/ REC. SECARA MANUAL BAIK DI GARDU INDUK , GARDU HUBUNG MAUPUN DI GARDU DISTRIBUSI				
➤ JIKA INDIKATOR (FI, FIOHL , GFD, HFD) KEYPOINT TIDAK BERFUNGSI MAKA DISPATCHER APD BALI MEMBACA PETA ARUS GANGGUAN UNTUK MENENTUKAN LOKASI GANGGUAN.				
➤ JIKA LOOP SCHEME BEKERJA DAN KONDISI BEBAN SUDAH DINORMALKAN MAKA RECLOSER FEEDER DAN RECLOSER TIE HARUS DIRESET (MANUAL)				

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2012). Boiler Suit. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Breathing Apparatus. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Chemical Suit. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Full Body Harness. Diakses dari <http://cvblackhawkindo.indonetwork.co.id/search+harness>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Full Body Suit. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Goggles. Diakses dari <http://www.protectiongoggles.net/id/protective-eye-wear.html>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Hair Cap/ Penutup Rambut. Diakses dari <http://www.promotionalclothing.com.au/hospitality-clothing>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Helm dengan Aksesori. Diakses dari http://w23.indonetwork.co.id/pdimage/84/2160584_helm.jpg, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Hood / Topi / Tudung. Diakses dari <http://www.mitchellinstrument.com/100-cal-arc-flash-hood.html>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Kacamata Pengaman Laser. Diakses dari <http://www.protectiongoggles.net/id/laser-protective-glasses.html>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Kacamata Safety. Diakses dari <http://www.protectiongoggles.net/id/protective-goggles.html>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Perisai Pengelasan (Welding). Diakses dari http://hand-tools.com.my/index.php?main_page=index&cPath=95, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Perisai Wajah. Diakses dari <http://www.busytrade.com/selling-leads/550881/>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Persyaratan Kinerja Pelindung Kepala Menurut ANSI. Diakses dari <http://www.askaboutsafetyonline.com/2012/07/making-sense-of-head-protection-types-and-classes-explained/>, tanggal 7 September 2012.

- Anonim. (2012). Respirator. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Safety Helmet/ Helm Pengaman. Diakses dari <http://protectiveequipment.wordpress.com/2010/09/15/hard-hat-classes/>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Safety Shoes. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Heat Resistance. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Karet Disposable. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Karet. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Kulit. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Lead Lined. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Metal Mesh. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Padded Cloth. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sarung Tangan Vynil dan Neoprene. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Sumbat Telinga (Ear Plug). Diakses dari http://firstsourcesafety.com/images/ear_plug1.jpg, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Tutup Telinga (Ear Muff). Diakses dari <http://www.asia.ru/en/ProductInfo/498738.html>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012). Vest. Diakses dari <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>, tanggal 7 September 2012.
- Anonim. (2012) Analisis Kimia Diakses dari <http://kimiaanalisis.blogspot.com/2011/12/alat-pelindung-diri.html> pada tanggal 7 Desember 2012.

- Amzi D, Rahimah. (2008). ” Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Oleh P2k3 Untuk Meminimalkan Kecelakaan Kerja Di Pt Wijaya Karya Beton Medan Tahun 2008”: Thesis, Ebook
- Andy Akbar, 2012, Ergonomics & Human Factors, Kebumen : Bumi Aksara
- Airlangga-Team. (2011). Hukum Ohm. Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/07/hukum-ohm/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Resistansi (hambatan). Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/04/resistansi-hambatan/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Saklar, Sekering, dan Pemutus Rangkaian. Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/04/saklar-sekering-dan-dan-pemutus-rangkaian/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Sistem Keamanan Listrik (bagian 1). Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/14/sistem-keamanan-listrik-bagian-1/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Sistem Keamanan Listrik (bagian 2). Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/14/sistem-keamanan-listrik-bagian-2/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Sistem Keamanan Listrik (bagian 3). Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/28/sistem-keamanan-listrik-bagian-3/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Sistem Keamanan Listrik (bagian 4). Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/29/sistem-keamanan-listrik-bagian-4/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Sistem Keamanan Listrik (bagian 5). Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/29/sistem-keamanan-listrik-bagian-5/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Airlangga-Team. (2011). Tegangan dan Arus. Diakses dari <http://airlangga25.wordpress.com/2011/08/03/tegangan-dan-arus/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Candra Setyawan dan Rian Masjid Permano, 2011, Human Error. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
- CS Energy Corporate Procedure. (2005). Electrical Safety Management CS-OHS-31.
- Diko Harneldo, Firman Budiyanto, Rengga A. Prasetyo dan Yudith Irawan. Distribution of Electrical Energy <http://staff.ui.ac.id/internal/040603019/material/PresentasiDistribusiTenagaListrik.pdf>

- Direktorat Pengawasan Norma K3 Dijen Pembinaan Pengawasan Ketenagakerjaan, Depnakertrans RI. (2006).
- Electrical Engineer Superintendent. (2012). Electrical Safety Management Standart YHSS051.
- Gozan, Misri; “K3 dalam Industri Kimia”: Ebook
- Hendra; ” Konsep Dasar Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja”; Ebook
- Heru Subagyo., Drs. Keselamatan Kerja. APEI-JATIM. 2000
- H.N.C. Stam. Keselamatan dan Kesehatan diTempat Kerja. Katalis-Jakarta. 1989
- HSP-Team. (2011). 4 Metode Pengendalian Risiko Bahaya Kimia. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/4-metode-pengendalian-risiko-bahaya-kimia/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Alat Pelindung Kepala. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/alat-pelindung-kepala/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Alat Pelindung Mata dan Wajah. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/alat-pelindung-mata-dan-wajah/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Alat Pelindung Pendengaran (Hearing Protection). Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/alat-pelindung-pendengaran-hearing-protection/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Carilah Fakta Dalam Melakukan Analisis Kecelakaan. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/carilah-fakta-dalam-melakukan-analisis-kecelakaan>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Faktor-Faktor Pribadi Yang Mempengaruhi Terjadinya Kecelakaan. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/faktor-faktor-pribadi-yang-mempengaruhi-terjadinya-kecelakaan/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Kajian Budaya dan Perilaku K3. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/kajian-budaya-dan-perilaku-k3/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Kepemimpinan Dalam Sistem Manajemen K3. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/kepemimpinan-dalam-sistem-manajemen-k3/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Kepemimpinan Yang Efektif Dalam Mengembangkan Budaya K3. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/kepemimpinan-yang-efektif-dalam-mengembangkan-budaya-k3/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Konsep Dasar Keselamatan Kerja. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/konsep-dasar-keselamatan-kerja>, tanggal 18 Juli 2012.

- HSP-Team. (2011). Konsep Sistem Manajemen K3. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/konsep-sistem-manajemen-k3/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Langkah-Langkah Penerapan SMK3 / OHSAS18001. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/langkah-langkah-penerapan-smk3ohsas18001/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Manajemen Standar Untuk Menangani Stress Kerja (Work-Related Stress). Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/manajemen-standar-untuk-menangani-stress-kerja-work-related-stress/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Manfaat Penerapan SMK3. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/manfaat-penerapan-smk3/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Mendisain Program Alat Pelindung Diri (APD). Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/mendisain-program-alat-pelindung-diri/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Mengurangi Kecelakaan dengan Fokus Pada Perilaku Pekerja. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/fokus-pada-perilaku>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). OSHA Process Safety Management. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/osha-process-safety-management/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Pemahaman Tentang Bahaya (Hazard). Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/pemahaman-tentang-bahaya-hazard/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Pemahaman Tentang Risiko (Risk). Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/pemahaman-tentang-risiko-risk/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD Atau PPE) Pada Para Pekerja. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/apd-ppe>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Peranan Kesalahan Manusia Dalam Kecelakaan. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/peranan-kesalahan-manusia-dalam-kecelakaan/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Perilaku Keselamatan (Safety Behavior). Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/perilaku-keselamatan-safety-behavior/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Prinsip Dasar Manajemen Risiko (Risk Management). Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/prinsip-dasar-manajemen-risiko-risk-management/>, tanggal 18 Juli 2012.

- HSP-Team. (2011). Process Safety Management OSHA 3132. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/process-safety-management-osh-3132/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Promosi Penggunaan APD atau PPE Kepada Para Pekerja. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/promosi-apd-atau-ppe-kepada-para-pekerja>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Sekilas Tentang Budaya K3. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/sekilas-tentang-budaya-k3/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Sekilas Tentang Teori Human Error. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/sekilas-tentang-teori-human-error/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2011). Tools Investigasi Kecelakaan Kerja. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/tools-investigasi-kecelakaan-kerja/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2012). 5 Program Penting Dalam Manajemen Risiko Industri Kimia. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/5-program-penting-dalam-manajemen-risiko-industri-kimia/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2012). Grounding Yang Efektif Untuk Mencegah Kebakaran. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/grounding-yang-efektif-untuk-mencegah-kebakaran/>, tanggal 18 Juli 2012.
- HSP-Team. (2012). K3 Analisa Root Cause Penyebab Kecelakaan. Diakses dari <http://healthsafetyprotection.com/analisa-root-penyebab-kecelakaan/>, tanggal 18 Juli 2012.
- ILR-team. (2011). Arde atau Grounding untuk Instalasi Listrik Rumah. Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>, tanggal 21 Juli 2012.
- ILR-team. (2011). Kabel Listrik dan Kuat Hantar Arus. Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/kabel-listrik-dan-kuat-hantar-arus/>, tanggal 21 Juli 2012.
- ILR-team. (2011). Listrik, tak kenal maka tak hati-hati. Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/listrik-tak-kenal-maka-tak-hati-hati/>, tanggal 21 Juli 2012.
- ILR-team. (2011). MCB sebagai Proteksi dan Pembatas Daya Listrik (2). Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/mcb-sebagai-proteksi-dan-pembatas-daya-listrik-2/>, tanggal 21 Juli 2012.
- ILR-team. (2011). MCB sebagai Proteksi dan Pembatas Daya Listrik. Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/mcb-sebagai-proteksi-dan-pembatas-daya-listrik/>, tanggal 21 Juli 2012.

- ILR-team. (2011). Mengenal Peralatan Instalasi Listrik Rumah (2). Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/mengenal-peralatan-instalasi-listrik-rumah-2/>, tanggal 21 Juli 2012.
- ILR-team. (2011). Mengenal Peralatan Instalasi Listrik Rumah (3). Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/mengenal-peralatan-instalasi-listrik-rumah-3/>, tanggal 21 Juli 2012.
- ILR-team. (2011). Mengenal Peralatan Instalasi Listrik Rumah. Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/mengenal-peralatan-instalasi-listrik-rumah/>, tanggal 21 Juli 2012.
- ILR-team. (2012). Faktor Koreksi Kuat Hantar Arus dan Warna Kabel. Diakses dari <http://www.instalasilistrikrumah.com/faktor-koreksi-kuat-hantar-arus-dan-warna-kabel/>, tanggal 21 Juli 2012.
- Imam Soebari, Ir. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). APEI-JATIM. 2000
- John Cadick and Marry Capelli. (2006). Electrical Safety Handbook, McGraw-Hill, Sydney.
- Jerusalem Adam, Khayati Zuhni. 2010. Modul Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- Labtech. Manual Penggunaan Electrical Installation Safety System.
- Menteri Tenaga Kerja. (1996). Lampiran I Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: Per.05/Men/1996 Tentang Pedoman Penerapan dan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Jakarta: Menaker.
- Media Informasi dan Komunikasi DEN, Edisi Ke-IV, 2010 : 33
- NN. apsaripuspita.files.wordpress.com/2011/09/kuliah06-organisasi-k3.ppt diakses pada tanggal 22 nov 2012
- NN. www.tiraaustenite.com/v3/media/manajemen-k3-july2007.pdf diakses pada tanggal 22 nov 2012
- NN. <http://onesila.blogspot.com/2011/04/struktur-organisasi-keselamatan-dan.html> diakses pada tanggal 22 nov 2012
- NN.(2005). Electrical Safety Management Plan Volume One
- NN. "Building an Effective Health and Safety Management System"; Alberta, Ebook
- Peraturan Pemerintah. (1996). Undang-undang dan Peraturan Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Jakarta: Menteri Tenaga Kerja.
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor: Per.05/Men/1996; "Tentang Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja"; Ebook
- Putri Wrespati dan Sucipto, 2010, Electrical Safety Awarnes, Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta

- Rahmat Nurfitrianto. <http://www.scribd.com/doc/53541434/Tugas-ELCB-dan-RCD>
- Siti maesaroh. (2010). Mengenal Alat Pelindung Diri (APD) Diakses dari <http://maechemist.blogspot.com/>, pada tanggal 7 Desember 2012.
- Standar Nasional Indonesia. (2000). SNI 04-0225-2000 - Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Sugeng. (2011) Alat Pelindung Diri Diakses dari <http://www.artikelk3.com/pentingnya-alat-pelindung-diri.html> pada tanggal 29 November 2012
- Supratiknya, A. 2001. Problem-Based Learning: Aplikasinya dalam Program Pendidikan Profesi Psikologi dalam Cahya Widiyanto, dkk, Bunga Rampai Psikologi 2. Yogyakarta: Penerbitan Universitas Sanata Dharma
- Supriantoro, Sayogo . 2000. SISTEM KELISTRIKAN UNIT INSENERASI. Batan. <http://digilib.batan.go.id/e-jurnal/Artikel/Buletin-Limbah/Vo5No1th-2000/Sayogo.pdf> diambil 30 November 2012 pukul 20.15
- Tarigan, Zaman. (2008). “Analisis Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Pabrik Kelapa Sawit (Pks) Tanjung Medan Ptpn V Provinsi Riau”: Thesis, Ebook
- The University Of Queensland Australia. (2006). Electrical Safety Management Plan (ESMP)
- Tia Setiawan, Harun. Keselamatan Kerja dan Tata Laksana Bengkel. Depdikbud. 1980
- Tim Fakultas Teknik UNY (2003), Persyaratan Instalasi Listrik, Modul Bahan Ajar, Yogyakarta,
- Tito Ekasuasnu dan Angga Ari. 2011. Human Error. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
- Wikipedia. (2010). Circuit Breaker. Diakses dari http://en.wikipedia.org/wiki/Circuit_breaker, tanggal 21 Juli 2012.
- <http://ftp.itb.ac.id/pub/misc/belajar.internetsehat.org/pustaka/pendidikan.materi-kejuruan/elektro/transmisi/persyarataninstalasilistrik.pdf>
- <http://repository.gunadarma.ac.id:8080/bitstream/123456789/990/1/30404007.pdf>, diakses pada 10 Nofember 2012, pukul 14.24.
- <http://www.bpsi-safetytraining.org/files/dok/Konsep.K3.Latihan.ppt>, diakses pada 07 Desember 2012 pukul 15.50.Jerusalem Adam, Khayati Zuhni. (2010). Modul Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- <http://duniasetrum.blogspot.com/2012/05/mengenal-peralatan-instalasi-listrik.html>
- <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/usage-tips-stop-contact-contact-box.html>
- <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/usage-tips-stop-contact-contact-box.html>
- <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/tips-on-use-of-electrical-plug.html>
- <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/tips-for-using-power-switches.html>

- <http://InstalasiListrikRumah.com>
- <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>
- http://file.upi.edu/Direktori/FPTK/JUR._PEND._TEKNIK_ELEKTRO/197407162001121-HASBULLAH/INSTALASI_LISTRIK/GROUNDING_SYSTEM.pdf
- <http://seputar-listrik.blogspot.com/2011/01/manfaat-pentanahan.html>
- <http://www.google.co.id/images?um=1&hl=id&biw=1024&bih=604&tbs=isch%3A1&sa=1&q=kwh+meter+1+fasa&aq=7&aqi=g10&aql=&oq=kWh>
- <http://www.google.co.id/images?um=1&hl=id&biw=1024&bih=60&tbs=isch%3A1&sa=1&q=kwh+meter+1+fasa&aq=7&aqi=g10&aql=oq=kWh>
- http://ictsleman.net/pustaka/teknik_pelayaran_perkapalan/teknik_perkapalan/listrik_kapal/7_penerangan_sederhana.pdf
- <http://www.google.co.id/images?um=1&hl=id&biw=1024&bih=604&tbs=isch%3A1&sa=1&q=mcb+merlin+gerin&aq=6&aqi=g1&aql=&oq=mcb+mer>
- http://www2.jogjabelajar.org/modul/bse/04_SMK-MAK/Teknik_Pemanfaatan_Tenaga_Listrik_Jilid3.pdf diambil 13 januari 2012
- <http://bando07.files.wordpress.com/2009/10/modul-12-kesel-kerja-listrik-prosedur-isolasi.pdf> diambil 13 januari 2012
- <http://www.tf.itb.ac.id/files/2011/11/K3-Listrik.pdf> diambil 30 November 2012 pukul 20.00
- http://search.4shared.com/postDownload/81OPjEwn/proteksi_terhadap_bahaya_list.html diambil 30 November 2012 pukul 20.13
- <http://edingulik.files.wordpress.com/2007/12/listrik.pdf> diambil 30 November 2012 pukul 20.30
- <http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2008/05/ohsas-audit-and-certification-process-tl-itb-rev1.pdf>
- <http://www.osha.gov/Publications/osha3132.pdf>
- <http://fkm.unair.ac.id/s2k3/files/mk/audit%20k3/DasarHukum-SMK3.pdf>
- <http://digilib.its.ac.id>
- <http://staff.uii.ac.id>
- <http://www.tiraaustenite.com/v3/media/manajemen-k3-july2007.pdf>
- <http://safety4abipraya.files.wordpress.com/2008/04/ebook-pelatihan-ohsas.pdf>
- <http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2008/05/ohsas-audit-and-certification-process-tl-itb-rev1.pdf>
- <http://safety4abipraya.files.wordpress.com/2008/04/ebook-pelatihan-ohsas.pdf>
- <http://fkm.unair.ac.id/s2k3/files/mk/audit%20k3/DasarHukum-SMK3.pdf>
- <http://www.sinarharapan.co.id>
- <http://www.interfacing.com>
- <http://20103562nd.blogspot.com>
- <http://24hourhazwopersafetytraining.blogspot.com>

- <http://www.artikel3.com/topik/human/error.html> diambil tanggal 7 November 2012
- <http://www.kompasiana.com/human/error.org> diambil tanggal 11 November 2012
- [http://www.detik.com/topik/human-error-human factor.html](http://www.detik.com/topik/human-error-human-factor.html) diambil tanggal 1 Desember 2012
- <http://www.info.gov.hk/labour/public/index.htm>. (2002). “This Code of Practice is prepared by the Occupational Safety and Health Branch Labour Department”; Occupational Safety and Health Branch Labour Department , Ebook:
- <http://www.mitchellinstrument.com/100-cal-arc-flash-hood.html>
- <http://www.promotionalclothing.com.au/hospitality-clothing>
- <http://protectiveequipment.wordpress.com/2010/09/15/hard-hat-classes/>
- <http://www.askaboutsafetyonline.com/2012/07/making-sense-of-head-protection-types-and-classes-explained/>
- <http://www.protectiongoggles.net/id/protective-goggles.html>
- http://w23.indonetwork.co.id/pdimage/84/2160584_helm.jpg
- <http://www.protectiongoggles.net/id/protective-eye-wear.html>
- http://hand-tools.com.my/index.php?main_page=index&cPath=9
- <http://www.protectiongoggles.net/id/laser-protective-glasses.html>
- <http://www.busytrade.com/selling-leads/550881/>
- http://firstsourcesafety.com/images/ear_plug1.jpg
- <http://www.asia.ru/en/ProductInfo/498738.html>
- <http://id.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>
- <http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>
- <http://healthsafetyprotection.com/grounding-yang-efektif-untuk-mencegah-kebakaran/>
- <http://healthsafetyprotection.com>
- <http://sigitwd.blogspot.com/2009/03/alternatif-lain-dalam-melakukan.html>
- http://www.djpe.esdm.go.id/modules/_website/images/content/17974170771.pdf
- <http://bimohutomo.com/blog/edisi-harian/sutet/>
- <http://jarambah.multiply.com/journal/item/48>
- <http://elektro-jaya.blogspot.com/2010/11/pertolongan-pada-korban-akibat.html>
- <http://id.hicow.com/sisa-saat-perangkat/kamar-mandi/pemutus-sirkuit-658663.html>
- <http://ibtadago.blogspot.com/2012/03/menerapkan-kesehatan-keselamatan.html>
- <http://duniatehnikku.wordpress.com/2011/10/05/arti-dan-fungsi-mcbmccb/>
- <http://garduguru.blogspot.com/2008/12/metode-pembelajaran-berbasis-masalah.html>
- [http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2008/05/ohsas-audit-and certification-process-tl-itb-rev1.pdf](http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2008/05/ohsas-audit-and-certification-process-tl-itb-rev1.pdf)
- <http://www.osha.gov/Publications/osh3132.pdf>

<http://fk.m.unair.ac.id/s2k3/files/mk/audit%20k3/DasarHukum-SMK3.pdf>

<http://www.tiraaustenite.com/v3/media/manajemen-k3-july2007.pdf>

<http://safety4abipraya.files.wordpress.com/2008/04/ebook-pelatihan-ohsas.pdf>

http://www2.jogjabelajar.org/modul/bse/04_SMK-MAK/Teknik_Pemanfaatan_Tenaga_Listrik_Jilid3.pdf diambil 13 januari 2012

<http://bando07.files.wordpress.com/2009/10/modul-12-kesel-kerja-listrik-prosedur-isolasi.pdf> diambil 13 januari 2012

http://202.162.208.3:8273/apdbali/index.php?module=sop&id_bidang=OPHAR

SUMBER GAMBAR

- Gambar 1.1. ©InstalasiListrikRumah.com
Gambar 1.2. ©InstalasiListrikRumah.com
Gambar 1.3. ©InstalasiListrikRumah.com
Gambar 1.4. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.5. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.6. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.7. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.8. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.9. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.10. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.11. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.12. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.13. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.14. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.15. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.16. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.17. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.18. <http://www.indonetwork.co.id/jayasaktitrading/3847535/jual-baterai-energizer-dan-eveready.htm>
Gambar 1.19. <http://atkqita.com/baterai-alkaline-termurah-jakarta/>
Gambar 1.20. <http://www.mitrabuy.com/?hal=productsDetail&prodID=32>
Gambar 1.21. <http://www.gruprobot.com/jenis-jenis-baterai.html>
Gambar 1.22. <http://www.gruprobot.com/jenis-jenis-baterai.html>
Gambar 1.23. <http://www.gruprobot.com/jenis-jenis-baterai.html>
Gambar 1.24. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.25. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.26. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.27. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.28. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.29. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.30. ©airlangga25.wordpress.com
Gambar 1.31. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.32. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.33. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.34. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.35. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.36. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.37. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.38. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.39. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.40. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.41. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.42. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/09/panel-hubung-bagi-phb.html>

Gambar 1.43. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/09/panel-hubung-bagi-phb.html>

Gambar 1.44. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/09/panel-hubung-bagi-phb.html>

Gambar 1.45. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/09/panel-hubung-bagi-phb.html>

Gambar 1.46. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/09/panel-hubung-bagi-phb.html>

Gambar 1.47. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/09/panel-hubung-bagi-phb.html>

Gambar 1.48. http://arcflashengineering.com/wpcontent/uploads/2012/11/GFCI_Portable_devices.jpg

Gambar 1.49. [http://www.manufacturer.com/product/m6670301-Earth+leakage+ circuit+ breaker\(ELCB\)+.html](http://www.manufacturer.com/product/m6670301-Earth+leakage+ circuit+ breaker(ELCB)+.html)

Gambar 1.50. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.51. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.52. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.53. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.54. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.55. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.56. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.57. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.58. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.59. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.60. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.61. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 1.62. ©airlangga25.wordpress.com

Gambar 2.1. <http://duniasetrum.blogspot.com/2012/05/mengenal-peralatan-instalasi-listrik.html>

Gambar 2.2. <http://duniastrum.blogspot.com/2012/05/mengenal-peralatan-instalasi-listrik.html>

Gambar 2.3. <http://duniastrum.blogspot.com/2012/05/mengenal-peralatan-instalasi-listrik.htm>

Gambar 2.4. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/usage-tips-stop-contact-contact-box.html>

Gambar 2.5. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/usage-tips-stop-contact-contact-box.html>

Gambar 2.6. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/usage-tips-stop-contact-contact-box.html>

Gambar 2.7. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/usage-tips-stop-contact-contact-box.html>

Gambar 2.8. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/usage-tips-stop-contact-contact-box.html>

Gambar 2.9. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/tips-for-using-power-switches.html>

Gambar 2.10. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/tips-on-use-of-electrical-plug.html>

Gambar 2.11. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/for-circuit-board.html>

Gambar 2.12. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/for-circuit-board.html>

Gambar 2.13. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/for-circuit-board.html>

Gambar 2.14. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/for-circuit-board.html>

Gambar 2.15. <http://www.tutorialkelistrikan.co.cc/2010/10/for-circuit-board.html>

Gambar 2.16. <http://ohmlistrik.blogspot.com/2010/11/fuse-dan-ratingnya.html>

Gambar 2.17. <http://ohmlistrik.blogspot.com/2010/11/fuse-dan-ratingnya.html>

Gambar 2.18. <http://ohmlistrik.blogspot.com/2010/11/fuse-dan-ratingnya.html>

Gambar 2.19. <http://instalasilistrik.net/instalasi-listrik-industri-pabrik/>

Gambar 2.20. <http://instalasilistrik.net/instalasi-listrik-industri-pabrik/>

Gambar 2.22. <http://www.google.com/search?hl=en&site=img&tbm=isch&source=hp&biw=1366&bih=667&q=Emergency+Push+Button&oq>

Gambar 2.23. <http://www.raycoelectro.com/push-button-for-emergency-stop-347629.html>

Gambar 2.24. <http://www.factorycontrols.com.au/products/switching-components>

Gambar 2.25. http://www.diytrade.com/china/pd/4640274/JVM21_63_I_DZ47_63_MCB.html

Gambar 2.26. http://www.diytrade.com/china/pd/4640274/JVM21_63_I_DZ47_63_MCB.html

Gambar 2.27. <http://electric-mechanic.blogspot.com/2010/10/prinsip-kerja-elektro-mekanis-magnetik.html>

Gambar 2.28. <http://electric-mechanic.blogspot.com/2010/10/prinsip-kerja-elektro-mekanis-magnetik.html>

Gambar 2.29. <http://electric-mechanic.blogspot.com/2010/10/prinsip-kerja-elektro-mekanis-magnetik.html>

Gambar 2.30. <http://techniqu3.blogspot.com/2011/03/ct-curent-transformer-tegangan-rendah.html>

Gambar 3.1. <http://www.google.co.id/images?um=1&hl=id&biw=1024&bih=604&tbs=isch%3A1&sa=1&q=kwh+meter+1+fasa&aq=7&aqi=g10&aql=&oq=kWh>

Gambar 3.2. <http://www.google.co.id/images?um=1&hl=id&biw=1024&bih=604&tbs=isch%3A1&sa=1&q=kwh+meter+1+fasa&aq=7&aqi=g10&aql=&oq=kWh>

Gambar 3.3. <http://www.google.co.id/images?um=1&hl=id&biw=1024&bih=604&tbs=isch%3A1&sa=1&q=mcb+merlin+gerin&aq=6&aqi=g1&aql=&oq=mcb+mer>

Gambar 3.4. <http://materi-tik-ptd.blogspot.com/2011/05/pengaman-listrik-sekering-atau-panel.html>

Gambar 3.5. <http://www.google.co.id/images?um=1&hl=id&biw=1024&bih=604&tbs=isch%3A1&sa=1&q=mcb+merlin+gerin&aq=6&aqi=g1&aql=&oq=mcb+mer>

Gambar 3.6. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.7. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.8. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.9. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.10. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.11. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.12. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.13. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.14. <http://www.instalasilistrikrumah.com/arde-atau-grounding-untuk-instalasi-listrik-rumah/>

Gambar 3.15. <http://dunia-listrik.blogspot.com/2009/05/sistem-pentanahan.html>

Gambar 4.2. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.3. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.4. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.5. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.6 <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.7. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.8 <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.9. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.10. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.11. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.12. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.13. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.14. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.15. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.16. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.17. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.18. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.19. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.20. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.21. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.22. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.23. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.24. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.25. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.26. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.27. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.28. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.29. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.30. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 4.31. <http://tarn2007.blogspot.com/2011/07/bahaya-listrik-dan-sistem-pengamanannya.html>

Gambar 5.1. <http://perbaikan-ac-electricalbali.blogspot.com/>

Gambar bab 6. <http://rieschapuri.blogspot.com/2009/02/kesetrum.html>, http://www2.jogja.belajar.org/modul/bse/04_SMK-MAK/Teknik_Pemanfaatan_Tenaga_Listrik_Jilid3.pdf, <http://bando07.files.wordpress.com/2009/10/modul-12-kese-l-kerja-listrik-prosedur-isolasi.pdf>, <http://www.tf.itb.ac.id/files/2011/11/K3-Listrik.pdf>, <http://www.tf.itb.ac.id/files/2011/11/K3-Listrik.pdf>, http://search.4shared.com/postDownload/81OPjEwn/proteksi_terhadap_bahaya_list.html, <http://digilib.batan.go.id/e-jurnal/Artikel/Buletin-Limbah/Vol5No1th-2000/Sayogo.pdf>, <http://edingulik.files.wordpress.com/2007/12/listrik.pdf>

Gambar 7.1. ©healthsafetyprotection.com

Gambar 8.2. ©<http://www.mitchellinstrument.com/100-cal-arc-flash-hood.html>

Gambar 8.3. ©<http://www.promotionalclothing.com.au/hospitality-clothing>

Gambar 8.4. ©<http://protectiveequipment.wordpress.com/2010/09/15/hard-hat-classes/>

Gambar 8.5. ©http://w23.indonetwork.co.id/pdimage/84/2160584_helm.jpg

Gambar 8.6. ©<http://www.protectiongoggles.net/id/protective-goggles.html>

Gambar 8.7. ©<http://www.protectiongoggles.net/id/protective-eye-wear.html>

Gambar 8.8. ©http://hand-tools.com.my/index.php?main_page=index&cPath=9

Gambar 8.9. ©<http://www.protectiongoggles.net/id/laser-protective-glasses.html>

Gambar 8.10. ©<http://www.busytrade.com/selling-leads/550881/>

Gambar 8.11. ©http://firstsourcesafety.com/images/ear_plug1.jpg

Gambar 8.12. ©<http://www.asia.ru/en/ProductInfo/498738.html>

Gambar 8.13. <http://id.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.14. <http://id.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.15. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.16. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.17. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.18. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.19. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.20. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.21. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.22. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.23. ©<http://www.scribd.com/doc/62211080/APD-Kelompok-1>

Gambar 8.24. <http://www.google.co.id/imgres?imgurl=http://baskins.com/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/n/5/n5524101111394255120-2.jpg>

Gambar 8.25. <http://www.google.co.id/imgres?q=Special+flame+resistant+and+heat+resistant+synthetic+fabrics&num>

Gambar 8.26. <http://www.google.co.id/imgres?q=Rubber,+neoprene,+vinyl+or+other+protective+material&hl>

Gambar 8.27. ©<http://cvblackhawkindo.indonetwork.co.id/search+harness>

Gambar 10.1. <http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2008/05/ohsas-audit-and-certification-process-tl-itb-rev1.pdf>

Gambar 10.2. <http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2008/05/ohsas-audit-and-certification-process-tl-itb-rev1.pdf>

Gambar 10.3. <http://www.kuliah.ftsl.itb.ac.id/wp-content/uploads/2008/05/ohsas-audit-and-certification-process-tl-itb-rev1.pdf>

Gambar 10.4. <http://safety4abipraya.files.wordpress.com/2008/04/ebook-pelatihanohsas.pdf>

Gambar 10.5. <http://digilib.its.ac.id>

Gambar 10.6. <http://digilib.its.ac.id>

Gambar 10.7. <http://digilib.its.ac.id>

Gambar 10.8. <http://digilib.its.ac.id>

Gambar 10.9. <http://fkm.unair.ac.id/s2k3/files/mk/audit%20k3/DasarHukum-SMK3.pdf>

Gambar 10.10. <http://fkm.unair.ac.id/s2k3/files/mk/audit%20k3/DasarHukumSMK3.pdf>

Gambar 10.11. <http://fkm.unair.ac.id/s2k3/files/mk/audit%20k3/DasarHukumSMK3.pdf>

Gambar 10.12. <http://fkm.unair.ac.id/s2k3/files/mk/audit%20k3/DasarHukumSMK3.pdf>

Gambar 10.13. <http://www.interfacing.com>

Gambar 10.14. <http://20103562nd.blogspot.com>

Gambar 10.15. <http://24hourhazwopersafetytraining>.

Gambar 10.16. blogspot.com

Gambar 10.17. [http : //staff.uui.ac.id](http://staff.uui.ac.id)

Gambar 12.17. <http://bappeda.jatimprov.go.id/bappeda/wp-content/uploads/2012/09/diklat-nelayan-300x150.jpg>

Gambar bab 13. NN.apsaripuspita.files.wordpress.com/2011/09/kuliah06-organisasi-k3.ppt diakses pada tanggal 22 nov 2012, NN..www.tiraaustenite.com/v3/media/management-k3-july 2007.pdf diakses pada tanggal 22 nov 2012, NN..http://onesila.blogspot.com /2011 /04/struktur - organisasi-keselamatan-dan.html diakses pada tanggal 22 nov 2012

Gambar bab 14. <http://sigitwd.blogspot.com/2009/03/alternatif-lain-dalam-melakukan.html>, Media Informasi dan Komunikasi DEN, Edisi Ke-IV, 2010 : 33, PT. PLN Persero, http://www.djlpe.esdm.go.id/modules/_website/images/content/17974170771.pdf, <http://bimohutommo.com/blog/edisi-harian/sutet/>

Gambar bab 15. <http://www.scribd.com/doc/25337070/GARDU-INDUK>, <http://www.orgsites.com/il/ashmore-fire/>, <http://www.orgsites.com/il/keep-clean/>, <http://www.orgsites.com/il/high-voltage/>, <http://www.tribunnews.com/images/view/322052/gardu-induk>, <http://www.dinomarket.com/PasarDino/33943027/Jual-HELM-PROYEK-SAFETY-HELMETPROJECT/>, <http://isaull6.blogspot.com>, <http://werpack/berandadiskon.indonetwork.co.id>, <http://kentshoes.co.id/ppe/hand-protection>, <http://kentshoes.co.id/ppe/shoes.safety>, <http://yamaha-kaltim.co.id/tips-memilih-masker-yang-aman-nyaman/>, [http://bisnis.liputan6.com/read/493671/ini-wilayah-jakarta -yang-masih-padam-karena-156-gardu-induk-mati](http://bisnis.liputan6.com/read/493671/ini-wilayah-jakarta-yang-masih-padam-karena-156-gardu-induk-mati)

TESTIMONI

Saya sangat tertarik dengan niat Bapak menyusun buku tentang Keselamatan Listrik. Karena selama mengepalai Bahagian PG&T, saya harus membuat sendiri Pedoman Keselamatan Kerja untuk pekerjaan instalasi tenaga listrik baik di bagian pembangkitan, transmisi tegangan tinggi dan instalasi tegangan rendah dan menengah. Kami harus melatih tenaga kerja, semua berlatar pendidikan SMA atau yang sederajat (STM, SMEA, PGA), yang lulus aptitude test. Mereka mengikuti program pelatihan sebagai electrician dari tingkat awal sampai sebagai protective devise & relay technician, power line man sampai ke live-line maintenance, gas turbine /heavy machinery equipment dsb.

Kami memakai National Eletical Code (NEC) dan Kode Keselamatan Amerika dan Regulasi Kebijakan Pertambangan 1930 (Mining Police Regulation) sebelum adanya PUIL dan Peraturan Pemerintah/Menteritenteng Keslematan Ketenagalistrikan. Beberapa hal diturunkan dari pengalaman praktis.

Buku ini menurut saya sangat lengkap, diawali dengan dasar-dasar pengetahuan tentang listrik yang diarahkan kepengetahuan dasar keselamatan listrik. Tepat sekali untuk disampaikan di pendidikan SMK/Politeknik dan menjadi sumber bacaan di industry umum maupun industry ketenagalistrikan.

Sebagai masukan untuk edisi selanjutnya, alangkah baiknya kalau dilengkapi dengan K3 di Instalasi Pembangkit; Transmisi dan Distribusi Tenaga Listrik, termasuk PDKB; K3 di GarduInduk; dan Keselamatan Listrik di Industri Pemanfaat Tenaga listrik; serta Keselamatan Listrik di Perkantorandan Rumah Tangga.

Anton Wahjosoedibjo (President Director PT Pranata Energi Nusantara (PENConsulting) sekaligus Mantan Senior Vice President & Deputy Managing Director PT Caltex Pacific Indonesia)

Buku ini sangat bagus sekali untuk panduan bagi engineer yang berprofesi dibidang kelistrikan. Sekilas kami membaca, bahwa untuk edisi selanjutnya perlu penambahan pengertian dan istilah dalam pengertian dalam penulisan seperti : pengertian MV panel (tegangan menengah) dan peralatnya, jenis-jenis LV panel (tegangan rendah) serta pemeliharannya. Harapan kami, buku ini bisa dikembangkan bukan untuk pekerjaan lingkungan PLN saja namun juga bagi kalangan industri.

Hery Sarjono Wibowo (direktur PT SMART ENERGI SEMESTA sebuah perusahaan yang bergerak di bidang Industrial Electrical Solution, Installation and Maintenance termasuk Supplier, installation, testing commissioning, maintenance, consultingservice of electrical equipment).

Buku ini menjelaskan tentang prinsip-prinsip dasar kelistrikan dan prinsip-prinsip kerja dari peralatan-peralatan listrik yang digunakan baik listrik rumah tangga maupun listrik untuk industri. Buku ini juga menjelaskan faktor-faktor apa saja yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja yang ditinjau dari beberapa sisi : manusia, metode, peralatan dan lingkungan. Dengan adanya buku yang membahas mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Bidang Kelistrikan (Electrical Safety), tentu sangat membantu para pembaca yang bekerja atau bergerak di bidang kelistrikan, baik dibidang instalasi listrik rumah tangga maupun di bidang industri. Pembaca menjadi tambah wawasan atau kompetensi dalam hal pemilihan alat, prinsip kerja alat, mengatasi masalah bila terjadi kegagalan alat dan mengenal alat-alat perlindungan diri (APD).

Ioko Riyanto, seorang karyawan yang bertugas di Maintenance sejak 1991 sampai sekarang di CV. Karya Hidup Sentosa (Traktor Quick).

Keselamatan dan Kesehatan Kerja

di Bidang Kelistrikan

ELECTRICAL SAFETY

BIOGRAFI PENULIS



Ketut Ima Ismara (kimaismara@gmail.com). Penulis adalah dosen di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dengan keahlian di bidang Keselamatan dan Kesehatan Kerja. Pengalaman Pendidikan S3 Psikologi (Industri dan Organisasi) UGM, Magister Manajemen Pendidikan dan Latihan PPS UNMalang, Magister Ilmu Kesehatan Kerja FK UGM dan S3 Ilmu Kesehatan Kerja FK UGM. Penulis pernah mendapatkan pelatihan diantaranya di Festo, PT.Nurtanio, dan PLN. Penulis Aktif menjadi peneliti, konsultan, presenter dan trainer di bidang K3, manajemen operasi industri, human-machine interaction, ergonomi di industri, *Environmental Health and Safety* (EHS), dan psikologi industri dan organisasi (*human resources development*) khususnya membantu para teknisi dan operator di industri agar dapat lebih meningkatkan performansi kerjanya, serta konsultan dan pelatih nasional baik di BUMN maupun Industri ber-skala nasional.



Eko Prianto (eko.teladan@gmail.com). Pengalaman Pendidikan Sarjana (S1) Pendidikan Teknik Elektro UNY, Pendidikan Pasca Sarjana (S2) Magister Sistem Teknik - Teknik Mesin UGM. Saat ini bertugas sebagai dosen di Program Studi Pendidikan Teknik Mekatronika, Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta. Pernah mendapatkan pelatihan terkait keselamatan dan kesehatan kerja di PT THIESS Balikpapan.