



## PENANGANAN LIMBAH LABORATORIUM KIMIA

Oleh:

Regina Tutik Padmaningrum  
Jurusan Pendidikan Kimia, FMIPA UNY  
regina\_tutikp@uny.ac.id

---



Laboratorium kimia merupakan tempat untuk melakukan kegiatan praktikum, eksperimen, penelitian, dan pembelajaran. Praktikan dan peneliti di dalam menjalankan pekerjaan mereka, kontak dengan bahan kimia baik langsung maupun tidak langsung akan sering terjadi bahkan mungkin berlangsung secara rutin. Kita ketahui bahwa bahan kimia secara umum memiliki potensi untuk menimbulkan bahaya terhadap kesehatan pelaku maupun dapat menimbulkan bahaya kecelakaan seperti kebakaran. Hal ini dapat dipahami karena bahan kimia tertentu dapat memiliki tipe reaktivitas tertentu dan juga dapat memiliki sifat mudah terbakar. Untuk dapat mendukung jaminan kesehatan dan keselamatan kerja maka para pelaksana yang bekerja dan menggunakan bahan kimia harus mengetahui dan memiliki pengetahuan serta keterampilan untuk menangani bahan kimia khususnya dari segi potensi bahaya yang mungkin ditimbulkan (Crisp, 1996). Limbah laboratorium kimia sebagian besar merupakan bahan berbahaya dan beracun (B3).

### **Pengertian Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)**

Definisi limbah B3 berdasarkan BAPEDAL (1995) ialah setiap bahan sisa (limbah) suatu kegiatan proses produksi yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) karena sifat (*toxicity, flammability, reactivity, dan corrosivity*) serta konsentrasi atau jumlahnya yang baik secara langsung maupun tidak langsung dapat merusak, mencemarkan lingkungan, atau membahayakan kesehatan manusia. B3 adalah bahan buangan bentuk (padat, cair dan gas) yang dihasilkan baik dari proses produksi maupun dari proses pemanfaatan produksi industri tersebut yang mempunyai sifat berbahaya dan sifat beracun terhadap ekosistem karena dapat bersifat korosif, eksplosif, toksik, reaktif, mudah terbakar, menghasilkan bau, radioaktif dan bersifat karsinogenik maupun mutagenik terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (PP No. 12/1995)

### **Sumber Limbah**

Merujuk pada Peraturan Pemerintah No. 12/1995, tentang sumber penghasil Limbah B3 didefinisikan sebagai setiap orang atau Badan Usaha yang menghasilkan Limbah B3 dan menyimpannya untuk sementara waktu di dalam lokasi atau area kegiatan sebelum Limbah B3 tersebut diserahkan kepada pihak yang bertanggungjawab untuk dikumpulkan dan diolah. Sumber penghasil Limbah B3 lainnya cukup beragam diantaranya berasal dari rumah sakit, PLTN, Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Penelitian.

### **Klasifikasi Limbah**

Menurut PP No. 12/1995, limbah B3 berdasarkan **sumbernya** dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Limbah dari **sumber spesifik**. Limbah B3 ini merupakan sisa proses suatu industri kegiatan tertentu.
2. Limbah dari **sumber yang tidak spesifik**. Untuk limbah B3 ini berasal bukan dari proses utamanya, misalnya dari kegiatan pemeliharaan alat, pencucian, inhibitor, korosi, pelarut perak, pengemasan dan lain-lain.
3. Limbah B3 dari **bahan kadaluarsa, tumpahan, sisa kemasan, atau buangan produk** yang tidak memenuhi spesifikasi. Limbah jenis ini tidak memenuhi spesifikasi yang ditentukan atau tidak dapat dimanfaatkan kembali, sehingga memerlukan pengelolaan seperti limbah B3 lainnya (Kenneth P. Fivizzani, 2009).

Selain berdasarkan sumber, limbah B3 dibedakan atas **jenis buangan** yaitu :

1. **Buangan radioaktif**, buangan yang mengemisikan radioaktif berbahaya, persisten untuk periode waktu yang lama.
2. **Buangan bahan kimia**, umumnya digolongkan lagi menjadi: (a) synthetic organics; b) anorganic logam, garam-garam, asam dan basa; (c) flamable dan (d) explosive.
3. **Buangan biological**, dengan sumber utama: rumah sakit, penelitian biologi. Sifat terpenting sumber ini menyebabkan sakit pada makhluk hidup dan menghasilkan toxin.

4. **Buangan mudah terbakar** (*flamable*), dengan bentuk bahan kimia padat, cair, gas dan paling umum berbentuk cairan. Tingkat bahaya jenis ini selama penyimpanan, pengumpulan dan pembuangan akhir.
5. **Buangan mudah meledak** (*Explosive*), yang dihasilkan dari pabrik bahan peledak. Bahan ini berbahaya pada waktu penyimpanan, pengumpulan dan pembuangan akhir.

Pengelompokan limbah B3 yang lain dapat dibedakan berdasarkan sifatnya, yaitu:

1. **Mudah terbakar** (*Flamable*). Buangan ini apabila dekat dengan api/sumber api, percikan, gesekan mudah menyala dalam waktu yang lama baik selama pengangkutan, penyimpanan atau pembuangan. Contoh jenis ini buangan BBM atau buangan pelarut (benzena, toluen, aseton).
2. **Mudah meledak** (*Explosive*), yaitu buangan yang melalui reaksi kimia menghasilkan ledakan dengan cepat, suhu, tekanan tinggi mampu merusak lingkungan. Penanganan secara khusus selama pengumpulan, penyimpanan, maupun pengangkutan.
3. **Menimbulkan karat** (*Corrosive*), yaitu buangan yang pH nya sangat rendah ( $\text{pH} < 3$ ) atau sangat tinggi ( $\text{pH} > 12,5$ ) karena dapat bereaksi dengan buangan lain, dapat menyebabkan karat besi dengan adanya buangan lain, dapat menyebabkan karat baja/besi. Contoh: sisa asam terutama asam sulfat, limbah asam dan baterai.
4. **Buangan pengoksidasi** (*Oxidizing waste*), yaitu buangan yang dapat menyebabkan kebakaran karena melepaskan oksigen atau buangan peroksida (organik) yang tidak stabil dalam suhu tinggi. Contoh : magnesium, perklorat dan metil etil keton peroksida
5. **Buangan yang menimbulkan penyakit** (*Infectious Waste*), yaitu dapat menularkan penyakit. Contoh : tubuh manusia, cairan tubuh manusia yang terinfeksi, limbah laboratorium yang terinfeksi kuman penyakit yang dapat menular.
6. **Buangan beracun** (*Toxic waste*), yaitu buangan berkemampuan meracuni, menjadikan cacat sampai membunuh makhluk hidup dalam jangka panjang ataupun jangka pendek. Sebagai contoh logam berat (seperti Hg, Cr), pestisida, pelarut, halogenida.

## **Prinsip Pengelolaan Limbah**

### ***Waste Reduction (4R): Reduce, Reuse, Recycle and Replace***

Pengolahan limbah pada dasarnya merupakan upaya mengurangi volume, konsentrasi atau bahaya limbah, setelah proses produksi atau kegiatan, melalui proses fisika, kimia atau biologi. Upaya pertama yang harus dilakukan adalah upaya preventif yaitu mengurangi volume bahaya limbah yang dikeluarkan ke lingkungan yang meliputi upaya mengurangi limbah pada sumbernya, serta upaya pemanfaatan limbah.

#### ***Reduce***

*Reduce* berarti mengurangi sumber limbah dan mencegah timbulnya limbah (teknik minimalisasi limbah). Contoh: industri ramah lingkungan, perkampungan peternakan sapi. Teknik minimalisasi limbah B3 adalah suatu cara dalam penanganan yang ditujukan pada sumber masalah pencemaran sebelum dampak terhadap lingkungan terjadi. Teknik ini bersifat pencegahan (*pollution prevention*) bukan suatu penanganan pencemaran lingkungan (*pollution control*). Teknik minimisasi melindungi lingkungan dari bahaya pencemaran, memberikan keuntungan penghematan biaya produksi industri dan dapat diterapkan untuk industri lama/baru. Perbedaan prinsip dalam penanganan antara *pollution control* dan *pollution prevention* antara lain :

- a) *Pollution control* membutuhkan biaya (investasi, operasional) untuk pengendalian pencemaran. Untuk *pollution prevention* tidak membutuhkan biaya untuk pengendalian pencemaran.
- b) *Pollution control* perlu ketersediaan lahan, sedangkan *pollution prevention* tidak membutuhkan ketersediaan lahan.
- c) *Pollution Control* tidak sepenuhnya menyelesaikan masalah karena bersifat memindahkan masalah dari suatu bentuk ke bentuk lain. *Pollution prevention* mampu menyelesaikan masalah dan melindungi kesehatan manusia dan lingkungan.

Teknik minimalisasi limbah dapat berbentuk: Pengelolaan Bahan Baku dan Produk, Modifikasi Proses, Reduksi dan Daur Ulang

**Reuse.** Kita dapat mempergunakan kembali limbah sesuai bentuk aslinya untuk kegunaan lain (botol air mineral untuk tempat minyak), atau mengubah bentuk limbah untuk kegunaan lain (botol air mineral untuk membuat lampu).

**Recycle (daur ulang).** *Recycling* adalah suatu proses dimana limbah dikumpulkan dan digunakan sebagai bahan mentah untuk produk baru. Plastik bekas diproses sehingga menjadi peralatan rumah tangga daur ulang (plastik warna lebih tua dan kurang cemerlang). Empat tahapan proses daur ulang adalah: pengumpulan limbah yang dapat didaur ulang, pemisahan limbah berdasarkan jenisnya, mengubah menjadi bentuk yang dapat diproses lanjut, dan membentuk menjadi bahan yang bermanfaat.

**Replace.** Kita bisa mengganti bahan yang tidak dapat diperbarui dengan bahan yang dapat diperbarui. Sebagai contoh, sistem pemanasan air yang biasa digunakan di Hongkong adalah sistem yang ramah lingkungan yaitu energi matahari.

### **Pola Penanganan Limbah**

Pola penanganan limbah industri baik bila bersifat terintegrasi, yaitu penanganan dimulai dari sumbernya (*point of generation*). Tujuannya untuk mengeliminasi limbah yang diikuti dengan pewadahan di tempat, pengumpulan, pengangkutan, penyimpanan, pengolahan sampai dengan pengolahan akhir (*ultimate disposal*) yang dilakukan secara aman, sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan.

Untuk tujuan penanganan, **komposisi kimia dari setiap limbah harus ditentukan** di laboratorium dengan tujuan untuk dapat menentukan tingkat potensi toksisitasnya dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Sebagai contoh kandungan B3 yang dominan dalam limbah pestisida adalah As, Cl-Hidrokarbon, sianida, Pb, Hg, Zn, dan senyawa organik (Nerren w& Nelson L, 1991).

### **Penyimpanan Limbah**

Penyimpanan merupakan kegiatan penampungan sementara limbah B3 sampai jumlah yang mencukupi untuk diangkut atau diolah. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan efisien ekonomis. Penyimpanan limbah B3 untuk waktu yang lama tanpa kepastian yang jelas memindahkan ke tempat fasilitas pengolahan, penyimpanan dan pengolahan diperbolehkan. Penyimpanan dalam jumlah yang banyak dapat dikumpulkan di pengumpulan limbah. Limbah cair maupun limbah

padat dapat disimpan, untuk limbah cair dapat dimasukkan ke dalam drum dan disimpan dalam gudang yang terlindungi dari panas dan hujan. Limbah B3 bentuk padat/lumpur disimpan dalam bak penimbun yang dasarnya dilapisi dengan lapisan kedap air. Penyimpanan harus mempertimbangkan jenis dan jumlah B3 yang dihasilkan.

Jenis dan karakteristik B3 akan menentukan bentuk bahan pewadahan yang sesuai dengan sifat limbah B3, sedangkan jumlah timbunan limbah B3 dan periode timbunan menentukan volume yang harus disediakan. Bahan yang digunakan untuk wadah dan sarana lainnya dipilih berdasar karakteristik buangan. Contoh untuk buangan yang korosif disimpan dalam wadah yang terbuat dari fiber glass. Pedoman umum jenis kontainer yang dipakai sesuai dengan karakteristik buangan, dan tipe drum yang umum dipakai untuk pewadahan B3.

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi.

- a. Bahan kontainer harus sesuai dengan karakter dari limbah B3
- b. Semua kontainer harus disimpan di areal yang tertutup untuk melindungi dari hujan dan berventilasi.
- c. Lantai dasar bangunan harus kedap air untuk menghindari meresapnya ceceran atau bocoran.
- d. Drum yang berisi limbah yang bisa bereaksi harus disimpan terpisah, untuk mengurangi kemungkinan kebakaran, ledakan dan atau keluarnya gas beracun.
- e. Semua drum yang disimpan harus dalam keadaan baik yaitu tertutup dan tidak bocor.
- f. Semua drum harus diberi label yang memuat informasi jelas tentang pernyataan bahwa limbah adalah B3

### **Pengangkutan**

Apabila tidak ditangani di tempat, limbah B3 diangkut ke sarana penyimpanan, pengolahan/pembuangan akhir. Sarana pengangkutan yang dipakai mengangkut limbah B3: truk, keretaapi dan kapal. Pengangkutan dengan mengemas limbah B3 ke dalam kontainer dengan drum kapasitas 200 liter. Untuk limbah B3 cair jumlah besar digunakan tanker sedangkan limbah B3 padat digunakan *lugger box* dari

baja. Untuk menjaga agar limbah B3 ditangani sesuai prosedur yang benar, harus dilakukan sejak sumber sampai ke tempat pembuangan akhir (tracking system).

### **Pengolahan Limbah B3**

Limbah B3 memerlukan pengolahan sebelum dibuang ke pembuangan akhir atau didaurulang. Pengolahan limbah B3 dapat dilaksanakan secara fisik, kimia, biologis atau pembakaran. Kombinasi dari cara pengolahan seringkali diterapkan untuk memperoleh hasil yang efektif tetapi murah biayanya dan dapat diterima oleh lingkungan. Pengolahan ditujukan untuk mengurangi dan menghilangkan racun/detoksitasi, merubah bahan berbahaya menjadi kurang berbahaya atau untuk mempersiapkan proses berikutnya. Menurut PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), upaya pengelolaan limbah B3 dimaksudkan untuk menghilangkan atau mengurangi sifat atau karakteristik berbahaya dan beracun yang dikandungnya agar tidak membahayakan kesehatan manusia sekaligus mencegah terjadinya segala resiko pencemaran yang dapat merusak kualitas lingkungan. Kaitannya dengan lingkungan wewenang dan tanggungjawab pengelolaan dilakukan oleh Bapedal.

Penanganan atau pengolahan limbah padat atau lumpur B3 pada dasarnya dapat dilaksanakan di dalam unit kegiatan industri (*on-site treatment*) maupun oleh pihak ketiga (*off-site treatment*) di pusat pengolahan limbah industri. Apabila pengolahan dilaksanakan secara *on-site treatment*, perlu dipertimbangkan hal-hal berikut:

- jenis dan karakteristik limbah padat yang harus diketahui secara pasti agar teknologi pengolahan dapat ditentukan dengan tepat; selain itu, antisipasi terhadap jenis limbah di masa mendatang juga perlu dipertimbangkan
- jumlah limbah yang dihasilkan harus cukup memadai sehingga dapat menjustifikasi biaya yang akan dikeluarkan dan perlu dipertimbangkan pula berapa jumlah limbah dalam waktu mendatang (1 hingga 2 tahun ke depan)
- pengolahan *on-site* memerlukan tenaga tetap (*in-house staff*) yang menangani proses pengolahan sehingga perlu dipertimbangkan manajemen sumber daya manusianya

- peraturan yang berlaku dan antisipasi peraturan yang akan dikeluarkan Pemerintah di masa mendatang agar teknologi yang dipilih tetap dapat memenuhi standar

Peraturan pemerintah No. 12 Tahun 1995 ini merupakan strategi pemerintah yang bersifat kuratif (pengumpulan, pengangkutan, penyimpanan, pengolahan dan pembuangan).

Faktor-faktor yang mempengaruhi sistem pengelolaan limbah

- Rencana penggunaan lahan
- Kepadatan dan penyebaran penduduk
- Karakteristik lingkungan fisik, biologi dan sosial ekonomi
- Kebiasaan masyarakat
- Peraturan perundang-undangan nasional dan daerah setempat
- Karakteristik limbah padat
- Sarana pengumpul, pengangkutan pengolahan dan pembuangan
- Lokasi pembuangan akhir
- Biaya yang tersedia
- Rencana tata ruang dan pengembangan kota
- Iklim dan musim (Phifer, R.W., Lowry, G.G., Ashbrook, P., Peter, E., 1994)

Strategi penanganan yang diterapkan, pada prinsipnya dengan mengusahakan untuk :

- Hazardous Waste Minimization**, adalah mengurangi sampai seminimum mungkin jumlah limbah kegiatan industri.
- Daur Ulang dan Recovery**. Untuk cara ini dimaksudkan memanfaatkan kembali sebagai bahan baku dengan metoda daur ulang atau recovery.
- Proses Pengolahan**. Proses ini untuk mengurangi kandungan unsur beracun sehingga tidak berbahaya dengan cara mengolahnya secara fisik, kimia dan biologis.
- Secured Landfill**. Cara ini mengkonsentrasikan kandungan limbah B3 dengan fiksasi kimia dan pengkapsulan, selanjutnya dibuang ketempat pembuangan aman dan terkontrol.



- e. **Proses detoksifikasi dan netralisasi.** Netralisasi untuk menghasilkan kadar racun lebih rendah.
- f. ***Incenerator***, yaitu memusnahkan dengan cara pembakaran pada alat pembakar khusus (Lisa Moran and Tina Masciangioli, 2010).

Teknologi pembakaran (*incineration*) adalah alternatif yang menarik dalam teknologi pengolahan limbah. Insinerasi mengurangi volume dan massa limbah hingga sekitar 90% (volume) dan 75% (berat). Teknologi ini sebenarnya bukan solusi final dari sistem pengolahan limbah padat karena pada dasarnya hanya memindahkan limbah dari bentuk padat yang kasat mata ke bentuk gas yang tidak kasat mata. Proses insinerasi menghasilkan energi dalam bentuk panas. Namun, insinerasi memiliki beberapa kelebihan di mana sebagian besar dari komponen limbah B3 dapat dihancurkan dan limbah berkurang dengan cepat. Selain itu, insinerasi memerlukan lahan yang relatif kecil.

Aspek penting dalam sistem insinerasi adalah nilai kandungan energi (*heating value*) limbah. Selain menentukan kemampuan dalam mempertahankan berlangsungnya proses pembakaran, heating value juga menentukan banyaknya energi yang dapat diperoleh dari sistem insinerasi. Jenis insinerator yang paling umum diterapkan untuk membakar limbah padat B3 ialah *rotary kiln*, *multiple hearth*, *fluidized bed*, *open pit*, *single chamber*, *multiple chamber*, *aqueous waste injection*, dan *starved air unit*. Dari semua jenis insinerator tersebut, *rotary kiln* mempunyai kelebihan karena alat tersebut dapat mengolah limbah padat, cair, dan gas secara simultan.

*Incineration* merupakan alat untuk menghancurkan limbah dengan cara pembakaran dengan kondisi terkendali (Lisa Moran and Tina Masciangioli, 2010) Limbah organik dapat terurai menjadi molekul senyawa sederhana seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Incinerator efektif terutama untuk mengolah buangan organik dalam bentuk padat, cair, gas, lumpur cair (*slurries*) dan lumpur padat (*sludge*). Proses ini tidak biasa digunakan untuk limbah anorganik seperti lumpur logam berat (*heavy metal sludge*) dan asam anorganik. Zat bersifat karsinogenik-patogenik dapat dihilangkan dengan sempurna bila insenerator dioperasikan dengan benar. *Incenerator* mempunyai

kelebihan dapat menghancurkan berbagai senyawa organik dengan sempurna, tetapi terdapat kelemahan yaitu operator harus yang sudah terlatih. Selain itu biaya investasi lebih tinggi dibandingkan dengan metode lain dan potensi emisi ke atmosfer lebih besar bila perencanaan tidak sesuai dengan kebutuhan operasional. Kinerja incinerator diukur berdasarkan efisiensi penghancuran dan penghilangan atau DRE (*destruction and removal efficiency*). Secara umum ada 3 jenis incinerator yaitu:

a. **Liquid Injection Incinerator**, hanya dapat menerima limbah dalam bentuk cair, gas, lumpur cair (*slurry*) yang dapat dipompakan melalui *nozzle*. Keterbatasan cara ini hanya dapat dipakai pada industri tertentu.

b. **Rotary Kiln Incinerator**, dapat dipakai untuk mengolah limbah dalam bentuk padat termasuk limbah yang dimasukkan dalam drum, gas, cair, lumpur pekat

c. **Fluid Bed Incinerator**, Incinerator ini memakai media pasir sebagai penghantar panas. Sama dengan *Kiln*, incinerator ini dapat menerima berbagai bentuk limbah. Kelebihannya memerlukan turbulensi yang sangat tinggi, luas daerah transfer panas untuk bercampurnya oksigen dan media lebih besar.

### **Pembuangan Limbah B3 (*Disposal*)**

Pembuangan akhir ke tanah dibedakan atas **landfill dan sumur injeksi**. Pembuangan akhir ke tanah bukan merupakan akhir permasalahan dari sistem pengolahan sampah. Cara penimbunan ke tanah merupakan cara yang populer dan umum. Cara ini mudah dilaksanakan, tidak perlu keahlian khusus maupun alat khusus, biaya awal rendah, bila dibandingkan dengan biaya setelah penutupan *landfill* maka penimbunan menjadi mahal. Sebagian dari limbah B3 yang telah diolah atau tidak dapat diolah dengan teknologi yang tersedia harus berakhir pada pembuangan (*disposal*). Tempat pembuangan akhir yang banyak digunakan untuk limbah B3 ialah *landfill* (lahan urug) dan *disposal well* (*sumur pembuangan*). *Landfill* untuk penimbunan limbah B3 diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu: (1) *secured landfill double liner*, (2) *secured landfill single liner*, dan (3) *landfill clay liner* dan masing-masing memiliki ketentuan khusus sesuai dengan limbah B3 yang ditimbun.

Di Indonesia, peraturan secara rinci mengenai pembangunan lahan urug telah diatur oleh Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (BAPEDAL) melalui Kep-04/BAPEDAL/09/1995.

## PUSTAKA

- BAPEDAL, (1995). Surat Keputusan Kepala BAPEDAL No 03/BAPEDAL/04/1995 tentang Tata Cara dan Persyaratan Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan, dan Lokasi Bekas Penimbunan Limbah B3
- Crisp, P., (1996), Safety in the School of Chemical Engineering and Industrial Chemistry, UNSW, Safety Officer CEIC, New South Wales.
- Kenneth P. Fivizzani, (2009), Chemical Safety Manual for Small Businesses, third edition, Washington, DC: American Chemical Society
- Lisa Moran and Tina Masciangioli, (2010) Chemical Laboratory Safety and Security, A Guide to Prudent Chemical Management, Washington, DC: The National Academiies Press
- Menteri Negara Sekretaris Negara, (1999). Peraturan Pemerintah Nomor 12 Tahun 1995, Perubahan PP No. 19 Tahun 1994 tentang Pengelolaan Limbah B3
- Menteri Negara Sekretaris Negara, (1999). PP No. 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)
- Pemda DIY. (1998). Keputusan Gubernur Kepala Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 281/ KPTS/1998 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri Di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
- Phifer, R.W., Lowry, G.G., Ashbrook, P., Peter, E., (1994), Laboratory Waste Management, A Guidebook, American Chemical Society, Washington.

