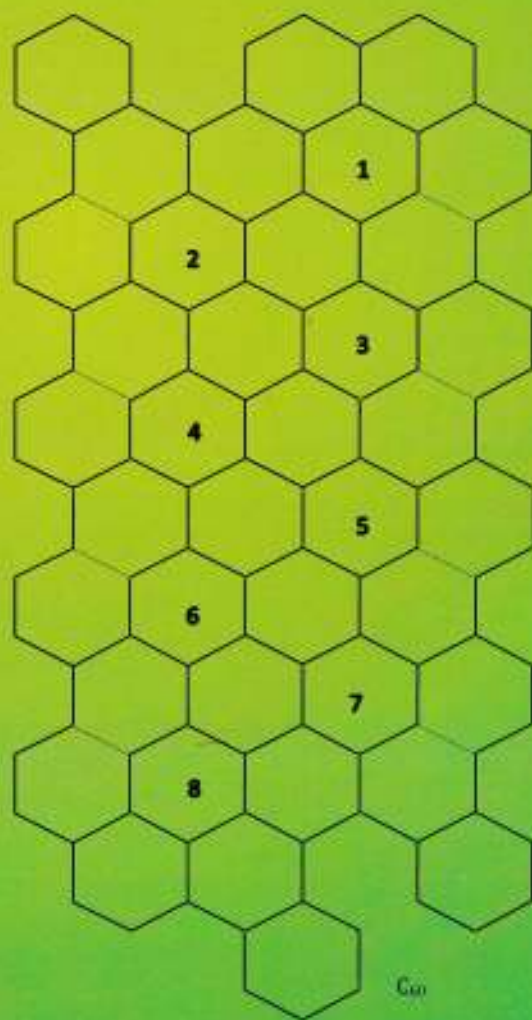


DASAR-DASAR KIMIA ANORGANIK NON LOGAM



Kristian H. Sugiyarto
Hari Sutrisno
Retno Dwi Suyanti

DASAR-DASAR KIMIA ANORGANIK NONLOGAM

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta

Lingkup Hak Cipta

Pasal 2:

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi Pencipta atau Pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Ketentuan Pidana

Pasal 72:

1. Barangsiapa dengan sengaja atau tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksudkan dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan (2) dipidanakan dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil Pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksudkan dalam ayat (1) dipidanakan dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Kristian H. Sugiyarto
Hari Sutrisno
Retno Dwi Suyanti



2013

DASAR-DASAR KIMIA ANORGANIK NONLOGAM

Cetakan 1, Mei 2013

Penulis:

Kristian H. Sugiyarto

Hari Sutrisno

Retno Dwi Suyanti

Editor: Kastam Syamsi

Tata Letak: Ari Setyo Wibowo

Desain Cover: Kuncoro W.D

Dicetak dan diterbitkan oleh:

UNY Press

Jl. Affandi (Gejayan), Gg. Alamanda, Kompleks FT

Kampus Karangmalang, Yogyakarta

Telp. (0274) 589346

Email: unypress.yogyakarta@gmail.com

ISBN 978-602-7981-05-8

Perpustakaan Nasional: Katalog dalam Terbitan (KDT)

330 hlm: 16 x 23 cm

PRAKATA

Unsur-unsur dalam Tabel Periodik Unsur menyusun segala sesuatu yang ada di alam ini, dan kimia anorganik mempelajari unsur-unsur dan senyawa-senyawa yang dibentuknya. Buku ini menekankan sifat-sifat unsur-unsur beserta senyawanya yang dipandang cukup penting dan karakteristik. Untuk menghindari kesan seperti kamus kimia, buku ini juga mencoba menyediakan penjelasan yang berkaitan dengan dasar-dasar kimia anorganik yaitu struktur atom, sistem periodik unsur, struktur molekular, asam-basa, reaksi kimia, dan spesies dari unsur-unsur yang dipertimbangkan termasuk kelompok nonlogam.

Buku ini diawali dengan pembahasan struktur atom dengan data spektrum garis atom hidrogen untuk memperoleh gambaran struktur atom modern yang dilanjutkan dengan rute penyelesaian fungsi gelombang elektron secara sangat simpel untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik perihal orbital, bahkan termasuk bentuk orbital *f*. Sistem Periodik Unsur mengenalkan penomoran golongan menurut rekomendasi IUPAC yaitu golongan 1 - 18. Struktur molekular menekankan struktur geometri senyawaan kovalen yang sebagian besar tersusun oleh unsur-unsur kelompok nonlogam, dan konsep asam basa lebih menekankan pada berbagai pendekatan untuk menjelaskan jenis reaksi kimia anorganik non-redoks. Jenis Reaksi Kimia lebih menekankan pada reaksi redoks dengan bahasan diagram Latimer dan diagram Frost. Tak dapat dihindari pembahasan unsur-unsur non logam berdasarkan golongannya menyajikan hal-hal yang bersifat deskriptif. Barangkali materi buku ini terkesan terlalu banyak, namun penulis beranggapan bahwa para pembaca-mahasiswa pemakai buku ini kesulitan mendapatkan materi yang memadai dari sumber lain karena terbatasnya perpustakaan maupun tersedianya waktu.

Untuk lebih mendalami teori atom model Bohr, disediakan data amatan spektrum garis atom hidrogen yang disajikan sedemikian rupa (dalam lampiran buku ini) sehingga mahasiswa/pembaca dituntut seperti ketika para ahli kimia menemukan data tersebut untuk kemudian menemukan keteraturan dalam bentuk rumusan umum. Kegiatan ini dapat disajikan dalam bentuk paraktikum, seolah-olah praktikan telah mengumpulkan data, sehingga ia tinggal menganalisisnya. Oleh karena itu sangat dianjurkan praktikan bekerja secara mandiri. Penulis menguduga bahwa kegiatan ini membutuhkan minimal sekitar dua kali pertemuan (dua kali dua jam pertemuan). Demikian juga untuk pemahaman alotropi karbon bola dapat dilakukan kegiatan pembuatan model bola C_{60} , C_{70} , dan C_{80} dari bahan kertas-karton.

Perlu disadari bahwa dengan "belum" adanya pembakuan terjemahan istilah-istilah kimia, penulis memilih terjemahan istilah-istilah yang sedekat mungkin menggunakan kaidah-kaidah terjemahan secara umum. Semoga

buku ini dapat membantu kemajuan perkembangan ilmu kimia anorganik khususnya.

Akhirnya perlu disebutkan bahwa Buku ini merupakan pengembangan secara terus-menerus dari tahun ke tahun sebagai bahan kuliah, dan ini dapat diwujudkan oleh sebab bantuan dana dari pihak Pembantu Rektor I UNY untuk pengembangan penulisan Buku tahun anggaran 2011. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih atas tersedianya dana tersebut.

Yogyakarta, Januari 2013

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
BAB I STRUKTUR ATOM	1
1.1 Spektrum Atom	1
1.2 Spektrum Atom Hidrogen	3
1.3 Teori Atom Bohr	6
1.4 Perluasan Teori Atom Bohr	12
1.5 Kelemahan Teori Atom Bohr	17
1.6 Struktur Halus Spektrum	18
1.7 Teori Atom Mekanika Gelombang	21
1.8 Atom Polielektron	40
SOAL-SOAL LATIHAN STRUKTUR ATOM	50
BAB II SISTEM PERIODIK UNSUR	52
2.1 Organisasi Tabel Periodik Unsur	52
2.2 Klasifikasi Unsur-Unsur dalam Tabel Periodik Unsur	53
2.3 Sifat-Sifat Periodisitas	57
SOAL-SOAL LATIHAN SISTEM PERIODIK UNSUR	76
BAB III STRUKTUR MOLEKULAR	77
3.1 Ikatan Kimia	77
3.2 Teori Ikatan Valensi dan Hibridisasi	91
3.3 Teori Tolakan Pasangan Elektron Kulit Valensi	94
SOAL-SOAL LATIHAN STRUKTUR MOLEKULAR	101
BAB IV ASAM BASA	102
4.1 Pendahuluan	102
4.2 Teori Asam-Basa Brønsted-Lowry	103
4.3 Tetapan Keseimbangan Asam-Basa	105
4.4 Kekuatan Asam Brønsted-Lowry	106
4.5 Asam-Asam Biner	107

4.6 Asam-Asam Oksi	108	SOAL-SOAL LATIHAN BORON	176
4.7 Basa Brønsted-Lowry	108	BAB VIII GOLONGAN KARBON	177
4.8 Asam-Basa dalam Sistem Pelarut	109	8.1 Kecenderungan Golongan	177
4.9 Asam-Basa Lewis	111	8.2 Karbon	177
4.10 Asam-Basa Lux-Flood	112	8.3 Silikon dan Germanium	192
4.11 Asam-Basa Lunak-Keras	112	SOAL-SOAL LATIHAN KARBON	202
4.12 Superasam	114	BAB IX GOLONGAN NITROGEN	203
SOAL-SOAL LATIHAN ASAM - BASA	116	9.1 Kecenderungan Golongan	203
BAB V REAKSI KIMIA	117	9.2 Nitrogen	204
5.1 Pendahuluan	117	9.3 Fosfor dan Arsen	222
5.2 Reaksi Penggabungan	117	SOAL-SOAL LATIHAN NITROGEN	229
5.3 Reaksi Penguraian	118	BAB X GOLONGAN OKSIGEN	230
5.4 Reaksi Pendesakan	118	10.1 Kecenderungan Golongan	230
5.5 Reaksi Pertukaran Pasangan	119	10.2 Anomali Oksigen	230
5.6 Reaksi Asam-Basa	120	10.3 Oksigen	231
5.7 Reaksi Redoks	121	10.4 Belerang	235
SOAL-SOAL REAKSI KIMIA	148	SOAL-SOAL LATIHAN OKSIGEN	247
BAB VI HIDROGEN	150	BAB XI HALOGEN	248
6.1 Pendahuluan	150	11.1 Pendahuluan	248
6.2 Isotop Hidrogen	150	11.2 Sifat Anomali Fluorin dalam Golongannya	249
6.3 Aspek Kimiawi	151	11.3 Fluorin	250
6.4 Ikatan pada Hidrogen	153	11.4 Klorin	253
6.5 Hidrat	155	11.5 Halida	255
6.6 Ion Hidrogen	155	11.6 Oksida Halogen	258
6.7 Preparasi Dihidrogen	156	11.7 Asam Oksihalogen dan Anion Oksihalogen	261
6.8 Hidrida	157	11.8 Senyawa Interhalogen dan Ion Polihalida	266
6.9 Air dan Ikatan Hidrogen	161	11.9 Pseudohalogen	269
SOAL-SOAL LATIHAN HIDROGEN	165	SOAL-SOAL LATIHAN HALOGEN	270
BAB VII GOLONGAN BORON	166	BAB XII GAS MULIA	271
7.1 Kecenderungan Golongan Boron	166	12.1 Kecenderungan Golongan	271
7.2 Boron	167	12.2 Ksenon Fluorida	274

..... 276

..... 278

..... 279

..... 282

..... 285

DAFTAR PUSTAKA

GLOSARIUM

LAMPIRAN

STRUKTUR ATOM

1.1 Spektrum Atom

Pada dasarnya, percobaan hamburan sinar α yang dilakukan oleh Rutherford merupakan awal dari perkembangan teori atom modern. Namun, gambaran atom yang terdiri atas inti positif dan di sekelilingnya tersebar elektron-elektron negatif ternyata masih menimbulkan masalah baru. Oleh karena berlawanan muatan, elektron tentu akan tertarik oleh inti sehingga akan jatuh ke dalam inti andai kata elektron dalam keadaan diam. Oleh karena itu sangat mungkin elektron bergerak di sekeliling inti dan melawan gaya tarik ke arah inti. Akan tetapi karena geraknya ini, menurut teori fisika klasik elektron seharusnya memancarkan energi seperti halnya gejala-gejala yang umumnya terlihat bahwa partikel bermuatan listrik yang bergerak dalam pengaruh medan gaya tarik tertentu selalu menyebarkan energi. Bila halnya demikian, gerakan elektron tentu menjadi makin diperlambat sehingga tidak lagi dapat dipertahankan kedudukannya melawan gaya tarik inti yang akhirnya berakibat jatuhnya elektron ke dalam inti. Ini berarti bahwa atom bersifat tidak stabil, dan karena itu bertentangan dengan kenyataan dengan sifat kestabilan atom umumnya. Namun jelas bahwa argumentasi tentang keadaan elektron di sekeliling inti atom tentu tidak sederhana seperti yang telah dikemukakan oleh Rutherford tersebut, melainkan memerlukan penyempurnaan lebih lanjut.

Sebuah petunjuk untuk menyelesaikan masalah bagaimana keadaan elektron di seputar inti atom tersebut diperoleh dari studi tentang cahaya yang dipancarkan oleh berbagai macam senyawa bila senyawa dipanaskan. Telah lama dikenal sebelumnya bahwa cahaya putih tersusun oleh beberapa macam warna, dan ini dapat dipisahkan bila seberkas cahaya putih dilewatkan menembus sebuah prisma gelas, sebagaimana dilakukan oleh Isaac Newton terhadap sinar matahari pada tahun 1700. Demikian juga cahaya putih yang berasal dari padatan yang berpijar misalnya kawat filamen dalam sebuah bolaam, bila dilewatkan menembus sebuah gelas prisma, cahaya yang diteruskan dan ditangkap oleh sebuah film akan berupa *spektrumkontinu* dari bermacam-macam warna yang menyusun warna pelangi. Jadi, campuran beberapa warna ini berubah secara perlahan kontinu, dari warna satu ke warna lain, secara berturut-turut merah - jingga - kuning - hijau - biru - violet. Perubahan warna ini sesuai dengan menurunnya harga panjang gelombang (λ) atau naiknya energi ($E = \frac{hc}{\lambda}$) dengan $h =$ tetapan Planck dan $c =$ kecepatan cahaya) bagi warna cahaya yang bersangkutan seperti berikut ini:

GLOSARIUM

Afinitas elektron atau Energi afinitas: adalah energi yang terlibat (umumnya dibebaskan) untuk menerima elektron bagi setiap 1 mol atom yang bersangkutan.

Asam Bronsted-Lowry: molekul atau ion yang dapat bertindak sebagai penyumbang proton.

Asam-basa lunak: adalah asam-basa dengan elektron valensi mudah terpolarisasi atau mudah dilepaskan; dan sebaliknya *asam-basa keras* jika elektron valensinya sukar terpolarisasi atau tidak memiliki elektron valensi.

Basa Bronsted-Lowry: molekul atau ion yang dapat bertindak sebagai penerima proton.

Bilangan kuantum: adalah bilangan yang melukiskan kondisi elektron dalam atom yang bersangkutan; misalnya, elektron dengan bilangan kuantum utama $n = 3$, bilangan kuantum sekunder $\ell = 1$, bilangan kuantum magnetik $m_\ell = 0$, dapat dilukiskan dalam konfigurasi, $3p_x^1$; bilangan kuantum magnetik spin $m_s = \pm \frac{1}{2}$, sering dianalogikan dengan arah putaran *spin* elektron *paralel* dan *antiparalel* dengan arah putaran jarum jam.

Diagram Frost: adalah diagram atau grafik yang melukiskan hubungan tingkat oksidasi suatu atom dalam senyawa-senyawanya dengan energi bebas yang berkaitan dengan potensial reduksi standar yang menyertainya.

Diagram Latimer: adalah diagram yang melukiskan perubahan potensial reduksi standar dari suatu unsur menjadi senyawa-senyawanya menurut urutan tingkat oksidasi yang disusun dalam satu baris mendatar.

Elektron antibonding (elektron anti bonding): adalah elektron-elektron yang menjadi milik bersama antara dua atom yang mengadakan ikatan, tetapi berada dalam orbital molekular antikat sehingga memperlemah terjadinya ikatan antara atom-atom yang bersangkutan.

Elektron ikat (elektron bonding): adalah elektron-elektron yang menjadi milik bersama antara dua atom yang mengadakan ikatan dan berada dalam orbital molekular ikat sehingga memperkukuh terjadinya ikatan antara atom-atom yang bersangkutan.

Elektron nonikat (elektron nonbonding): adalah elektron-elektron yang tidak terlibat dalam pembentukan ikatan, jadi hanya dipengaruhi oleh salah satu atom pemiliknya saja.

Elektron valensi: adalah elektron pada kulit valensi yang dapat berperan dalam ikatan kimia.

Elektronegativitas: adalah suatu ukuran kecenderungan atom menarik elektron ke arah dirinya sendiri dalam ikatan kimia; jadi ini bukan energi melainkan perbandingan antar atom unsur, dan atom F mempunyai kecenderungan paling kuat.

Energi ionisasi: adalah energi terendah yang terlibat (umumnya diperlukan) untuk mengeluarkan elektron dari setiap mol spesies yang bersangkutan dalam keadaan dasar.

Hibridisasi: adalah perubahan yang melukiskan terjadinya peleburan 2 atau 3 macam orbital yang energi awalnya masing-masing tidak setingkat menjadi 2 atau 3 orbital gabungan baru yang disebut sebagai orbital hibrida dengan energi yang setingkat. Misalnya, satu orbital s dan tiga orbital p dapat membentuk empat orbital hibrida sp^3 ; satu orbital s , tiga orbital p , dan satu orbital d , dapat membentuk lima orbital hibrida sp^3d ; dalam hal ini numerik *superskript* menyatakan banyaknya orbital yang terlibat.

Ikatan hidrogen: adalah interaksi "non-ikat" antara atom hidrogen dalam senyawanya dengan atom yang mempunyai sifat elektronegatif kuat atau dengan atom dengan pasangan elektron mandiri di dekatnya.

Ikatan kimia: menjelaskan bagaimana gabungan antara dua atom atau lebih membentuk suatu senyawa. Dua macam model utama adalah *ikatan ionik* dan *ikatan kovalen*; yang pertama pembentukan senyawa yang didasari atas pelepasan elektron dari atom yang satu dan diterima oleh atom yang lain, dan yang kedua didasari atas pembentukan elektron "sekutu" yang menjadi milik bersama.

Ikatan σ : adalah ikatan kovalen model tumpang-tindih dengan sumbu ikat internuklir terletak pada rapatan elektron ikat. *Ikatan π* adalah ikatan kovalen model tumpang-tindih yang menghasilkan satu bidang simpul (nodal, yakni peluang mendapatkan elektron nol); jadi sumbu ikat internuklir tidak terletak pada rapatan elektron ikat melainkan terletak pada bidang simpul ini.

Jari-jari atom: adalah jarak terpendek antara inti atom dengan elektron terjauh dalam atom yang bersangkutan.

Jembatan hidridik: adalah jembatan yang berupa atom H dengan sepasang elektron yang berfungsi sebagai elektron ikatan antar dua atom lainnya, sehingga sepasang elektron ini merupakan sekutu dari tiga atom; oleh karena itu jembatan ini sering dikenal sebagai ikatan tripusat.

Konfigurasi elektronik: adalah tataan elektron pada orbital-orbital atomik menurut urutan energinya.

Kulit valensi: adalah kulit elektron terluar yang belum penuh terisi elektron di seputar inti atom.

Muatan formal: adalah bilangan yang menyatakan kekurangan elektron (+) atau kelebihan elektron (-) suatu atom relatif terhadap jumlah elektron dalam atom netralnya, jika ikatan antar atom-atom dalam senyawanya dianggap sebagai ikatan kovalen murni, sehingga tiap elektron ikatan dinilai seperjumlah atom yang mengikatnya. Sebaliknya, jika ikatan antar atom-atomnya dianggap sebagai ionik murni sehingga elektron ikatan menjadi milik salah satu atom yang mempunyai elektronegativitas lebih tinggi, maka bilangan tersebut dinyatakan sebagai *bilangan oksidasi*.



Prof. Drs. Kristian Handoyo Sugiyarto, M.Sc., Ph.D. lulus Sarjana Muda Pendidikan Kimia dari IKIP Negeri Surakarta pada tahun 1972, dan Sarjana Pendidikan Kimia dari IKIP Negeri Yogyakarta (UNY) pada tahun 1978. Studi lanjut Master of Science by Research dalam bidang Kimia Anorganik atas biaya Pemerintah Australia (ADAB) diselesaikan pada tahun 1984-1987 di The School of Chemistry, University of New South Wales, Australia; tingkat Ph.D. pada bidang yang sama dan di tempat yang sama diselesaikan pada tahun 1989-1992. Kegiatan Post Doctoral dalam bidang dan spesialisasi yang sama diselesaikan pada tahun 1995-1997 atas biaya UNSW, dalam bidang Kimia Analitik-Anorganik diselesaikan pada September 2002-April 2003 di Shizuoka University dan Tokyo Gakugei University, Jepang atas biaya JICA, dan kegiatan PAR C di The School of Chemistry, UNSW, Australia (3,5 bulan), 2009-2010.



Dr. Hari Sutrisno, lulus Sarjana Pendidikan Kimia dari IKIP Negeri Yogyakarta (UNY), 1991, kemudian menempuh Pra-S2 dan S-2 Kimia di FMIPA, ITB dan lulus sebagai Magister Sains tahun 1996. Gelar Doctor de Philosophie (Dr) dalam bidang Anorganik diperoleh tahun 2001 dari Ecole Doctorale STIM, Universite de Nantes, France, dan selanjutnya menempuh *post-doctorale* di Institute Materiaux Nantes "Jean Rouxel", Nantes, France selama satu tahun pada tahun 2008.



Dr. Retno Dwi Suyanti, M.Si, lulus Sarjana Pendidikan Kimia dari IKIP Negeri Yogyakarta (UNY) pada tahun 1990, kemudian lulus Magister Sains dalam bidang Anorganik-Fisik dari ITB pada tahun 1997. Gelar Doktor pada bidang Pembelajaran Kimia Anorganik berhasil diraihinya dari Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung pada tahun, 2006.

DASAR-DASAR KIMIA ANORGANIK NON LOGAM

Kristian H. Sugiyarto
Hari Sutrisno
Retno Dwi Suyanti

Kehidupan umat manusia tidak mungkin terhindar dari unsur-unsur dan senyawa kimianya. Secara sederhana unsur kimia dapat dikelompokkan menjadi logam dan nonlogam. Oksigen, hidrogen, nitrogen, karbon, belerang, fluorin, klorin, dan fosfor adalah beberapa contoh unsur nonlogam yang sangat umum telah dikenal dan dimanfaatkan oleh umat manusia sejak zaman kuno.

Dewasa ini hampir dipastikan bahwa setiap orang sadar bahwa ia (bahkan setiap kehidupan) membutuhkan oksigen yang dikonsumsi lewat pernafasan. Dalam tubuh manusia, oksigen diikat oleh heme, yang dalam hemoglobin mengikat ion besi(II), dan dalam vitamin mengikat ion kobalt(III); oksigen yang terikat dalam kedua kompleks heme tersebut dilepas kembali ketika dibutuhkan.

Sementara itu hadirnya unsur-unsur nonlogam dalam bentuk berbagai pupuk yang kaya akan nitrogen dan fosfor telah lama dikenal dalam bidang pertanian. Hadirnya unsur fluorin untuk keperluan perawatan gigi, iodium dalam kelenjar gondok, juga telah lama dikenal dan tidak mungkin diabaikan oleh manusia.

Hidrogen adalah unsur yang paling sederhana dari sekitar 100 lebih unsur yang telah dikenal. Buku ini membahas sangat mendasar struktur atom hidrogen, bahkan menyediakan data spektrum-garis atom hidrogen untuk ketiga deret, Lyman, Balmer, dan Paschen, yang dikemas dalam bentuk lembar kegiatan sehingga mahasiswa mampu menemukan formula makna spektrum tersebut.

Intan dan grafit yang juga sudah umum dikenal, pada dasarnya hanyalah tersusun oleh satu unsur karbon saja, namun masing-masing memiliki struktur yang khas yang diduga bertanggung jawab atas sifat kontras antar keduanya terkait dengan sifat "kekerasan". Akhir-akhir ini telah ditemukan alotrop ketiga atom karbon yakni "fulerena", karbon-bola. Buku ini juga menawarkan kegiatan membuat berbagai model karbon bola serta mengidentifikasi jenis ikatannya.

ISBN 602-7981-05-9



9786027981058


PRESS

J.H Affandi (J. Gejayan), Gg. Alamanda,
Kompleks FT-UNY, Kampus Karangmalang, Yogyakarta.
Kode Pos: 55281, Telp. (0274) 589348,
unypress.yogyakarta@gmail.com