

Mudah Memahami **STOIKIOMETRI:** Perhitungan Zat pada Rumus Kimia dan Persamaan Reaksi

Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si

Deskripsi Singkat

Buku yang berada di hadapan Anda merupakan Buku kimia dasar pada topik Stoikiometri yang diberi judul "Mudah Memahami Stoikiometri: Perhitungan Zat pada Rumus Kimia dan Persamaan Reaksi". Pemahaman yang baik simbol kimia pada rumus kimia dan persamaan reaksi memudahkan pemahaman topik-topik kimia lainnya. Buku ini terdiri dari 6 bagian yaitu Pendahuluan; Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa; Persamaan Reaksi; Konsep Mol Berbasis Inkuiri Terstruktur; Cara Faktor-Label dan Cara Rumus pada Konsep Mol; Praktikum *Green Chemistry* pada Stoikiometri.

Buku ini menggunakan faktor konversi untuk mengubah satuan ke satuan yang diinginkan agar logika perubahan satuan mudah dimengerti. Keistimewaan buku ini adalah dilengkapi dengan tiga level representasi kimia dan URL media pembelajaran untuk memudahkan pemahaman konsep kimia secara baik dan utuh. Oleh sebab itu, buku ini sangat cocok dibaca oleh siswa, mahasiswa, maupun guru. Buku ini juga bermanfaat bagi dosen yang mengajarkan kimia dasar.

Biodata Penulis Buku

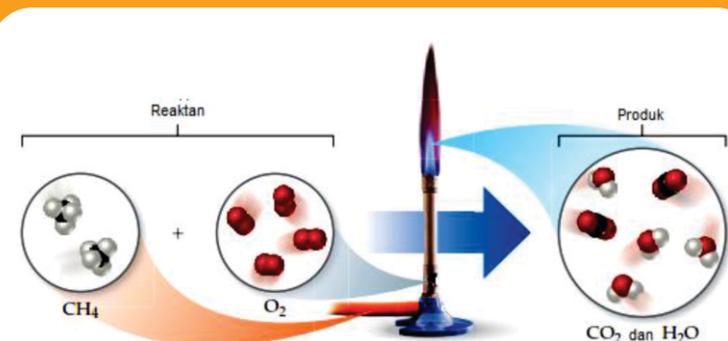


Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si dilahirkan dari pasangan Ibu Hj. Eliyar dan Bapak Drs. Azhar. D (alm). Pendidikan sekolah menengah diselesaikan di PPSP IKIP Padang. S1 Pendidikan Kimia di IKIP Padang. Gelar Magister Sains ilmu kimia, kelompok bidang keahlian (KBK) Biokimia di Pascasarjana ITB Bandung selesai pada Februari 1996. Doktor bidang ilmu kimia, KBK Biokimia selesai pada Februari 2013. Sejak tahun 1991 sampai sekarang sebagai dosen dan pengampu mata kuliah kimia dasar di Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang. Publikasi antara lain, Inulin sebagai prebiotik pada *Jurnal Sainstek*. Vol.xi, No.3; *The gene fragments that encodes inulin hydrolysis enzyme from genomic Bacillus licheniformis: isolation by PCR technique using new primers* pada *International Journal of Biological Chemistry*, 9(2)59-69. Buku yang telah diterbitkan antara lain, Biomolekul Sel: Karbohidrat, Protein dan Enzim pada tahun 2016.

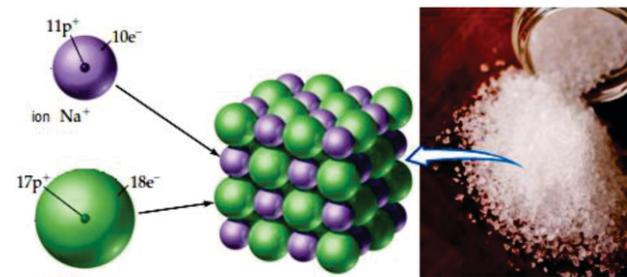
Mudah Memahami **STOIKIOMETRI:**
Perhitungan Zat pada Rumus Kimia dan Persamaan Reaksi

Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si

Mudah Memahami **STOIKIOMETRI:** Perhitungan Zat pada Rumus Kimia dan Persamaan Reaksi



Pembakaran metana



Garam dapur, NaCl

Penerbit

SUKABINA PRESS

Jl. Prof. Dr. Hamka No.156 B Tabing - Padang
HP. 081261617907
E-mail : penerbit.sukabina@gmail.com
sukabinapress.ctp@gmail.com

ISBN : 978-623-7018-36-0



SUKABINA PRESS

Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si

Mudah Memahami

STOIKIOMETRI:

Perhitungan Zat pada Rumus Kimia
dan Persamaan Reaksi

Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si.

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA
NO 19 TAHUN 2002
TENTANG HAK CIPTA
PASAL 72
KETENTUAN PIDANA SANGSI PELANGGARAN

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan denda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan denda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyerahkan, menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan denda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

Mudah Memahami
STOIKIOMETRI:
Perhitungan Zat pada Rumus Kimia
dan Persamaan Reaksi

Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si.

Penerbit :
SUKABINA Press

2020

Mudah Memahami

STOIKIOMETRI:

Perhitungan Zat pada Rumus Kimia
dan Persamaan Reaksi

ISBN: 978-623-7018-36-0

Penerbit : SUKABINA Press
1(satu) jilid : 14 x 21 cm (A5), 213 hal
Jl. Prof. Dr. Hamka No.156 B Tabing, Padang
Telp./Fax : (0751) 7055660
Email : penerbit.sukabina@gmail.com
Anggota IKAPI Pusat
No. Anggota: 007/SBA/09 Tahun 2009

Cetakan pertama : Maret 2020

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun baik secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotocopy, merekam atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.

Penyusun : Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si,
Layout : Hutdia Putri Murni, S.Pd, M.Pd
Meni Lovia Melini, S.Pd
Desain Cover : Liansyahmora Nst

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, atas hidayah dan rahmat-Nya, penulisan buku dengan judul "**Mudah Memahami Stoikiometri: Perhitungan Zat pada Rumus Kimia dan Persamaan Reaksi**" telah selesai dibuat. Ide penulisan buku ini berawal dari kenyataan bahwa jumlah buku kimia berbahasa Inggris yang berkualitas baik jauh lebih banyak dibandingkan buku berbahasa Indonesia. Hal ini menjadi kesulitan pertama memahami konsep kimia dengan baik, terutama bagi mahasiswa S1 tahun pertama. Buku ini ditulis untuk mengatasi salah satu kesulitan tersebut.

Buku ini disusun terstruktur dari konsep yang mudah ke konsep yang lebih sulit. Penjelasan konsep disertai analogi dan tiga level representasi kimia untuk memudahkan pemahaman konsep yang sulit. Buku ini juga dilengkapi dengan URL media yang terkait. Oleh sebab itu, buku ini dapat digunakan oleh siswa SMA/MA yang pertamakali mempelajari stoikiometri, mahasiswa yang mempelajari kimia dasar, maupun guru. Buku ini juga bermanfaat bagi dosen yang mengajarkan kimia dasar.

Kimia merupakan ilmu yang mempelajari materi dan perubahan yang menyertai materi tersebut. Zat dan perubahannya pada ilmu kimia dinyatakan dengan rumus kimia dan persamaan reaksi. Perhitungan zat pada rumus kimia dan persamaan reaksi dipelajari pada topik **Stoikiometri**. Pemahaman yang baik simbol-simbol kimia pada rumus kimia dan persamaan reaksi memudahkan pemahaman topik-topik kimia lainnya. Dengan kata lain, pemahaman yang baik materi Stoikiometri memudahkan pemahaman materi kimia lainnya.

Buku ini terdiri dari 6 bagian utama yaitu Pendahuluan; Massa atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa; Persamaan Reaksi; Konsep Mol Berbasis Inkuiri Terstruktur; Cara Faktor-Label dan Cara Rumus pada Konsep Mol; Praktikum *Green Chemistry* pada Stoikiometri. Terealisasinya buku ini tak lepas

dari budi baik berbagai pihak. Terimakasih kepada staf pengajar kimia dasar Jurusan Kimia, Universitas Negeri Padang yang telah berdiskusi dan berbagi ilmu pengetahuan. Terimakasih juga kepada teman, sahabat, mahasiswa-mahasiswaku, dan semua pihak yang namanya tidak disebutkan yang telah memberikan inspirasi untuk penulisan buku ini. Terimakasih kepada Diana Safitri, S.Pd untuk soal-soal pada bab konsep mol berbasis inkuiri terstruktur. Terimakasih kepada Hutdia Putri Murni, S.Pd, M.Pd dan Meni Lovia Melini, S.Pd atas *layout* buku, serta Liansyahmora Nst atas desain buku. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Percetakan SUKABINA Press yang merupakan percetakan anggota IKAPI sejak 2009 sampai sekarang. Semoga Allah membalas semua kebaikan. Aamiin.

Semoga hidayah Allah, lindungan dan rahmat-Nya selalu bersama kita, Aamiin. Semoga buku ini bermanfaat bagi siswa, mahasiswa, guru, dan dosen yang mempelajari kimia dasar untuk pemahaman yang lebih baik. Semoga buku ini menjadi sumber pahala yang tiada habisnya. Aamiin.

Padang, Maret 2020

Minda Azhar

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I Pendahuluan.....	1
1. Rasional.....	1
2. Deskripsi Singkat.....	2
3. Petunjuk Belajar.....	5
BAB II Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa.....	6
1. Massa Atom, dan Massa Atom Relatif.....	7
2. Bilangan Avogadro dan Massa Molar.....	13
3. Hubungan <i>Subscript</i> dengan Mol pada Rumus Molekul dan Rumus Senyawa Ion.....	26
4. Persen Komposisi Unsur pada Senyawa.....	40
Rangkuman.....	47
Tugas Mandiri.....	48
Tes Formatif.....	50
BAB III Persamaan Reaksi.....	57
1. Reaksi Kimia dan Persamaan Reaksi.....	57
2. Perhitungan Jumlah Reaktan dan Produk (Makna koefisien reaksi pada persamaan reaksi).....	63
3. Pereaksi Pembatas.....	72
4. Hasil Teoritis, Hasil Sesungguhnya dan Persen Hasil.....	79
Rangkuman.....	84
Tugas Mandiri.....	85
Tes Formatif.....	86
Tugas Akhir.....	98
BAB IV Konsep Mol Berbasis Inkuiri Terstruktur.....	98
1. Konsep Mol.....	100
a. Pengerian Mol.....	101
b. Massa Atom dan Massa Molar.....	111
c. Volume Molar Gas.....	125
2. Rumus Kimia.....	138
3. Satuan Konsentrasi Zat.....	154
BAB V Cara Faktor-label dan Cara Rumus pada Konsep Mol.....	167
1. Konsep Mol dengan Cara Faktor-label.....	170
2. Konsep Mol dengan Cara Rumus.....	176
3. Teori Belajar pada Cara Faktor-label dan Cara Rumus.....	183
4. Penalaran pada Cara Faktor-label dan Cara Rumus.....	185
5. Hasil Belajar pada Cara Faktor-label dan Cara Rumus.....	186
BAB VI Praktikum <i>Green Chemistry</i> pada Stoikiometri.....	188
1. Prinsip <i>Green Chemistry</i>	188
2. Sumber Pembelajaran <i>Green Chemistry</i>	191
3. Praktikum <i>Green Chemistry</i> pada Stoikiometri.....	191
Daftar Referensi.....	196
Glosarium.....	199
Indeks.....	201
LAMPIRAN.....	203
1. <i>PowerPoint</i> Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa.....	203
2. <i>PowerPoint</i> Persamaan Reaksi.....	209
3. Sistem Periodik.....	213

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tiga Wujud Air, H ₂ O	4
2. Lambang Karbon dan Isotop Karbon	9
3. Spektrum Massa Tiga Isotop Ne.....	11
4. Tembaga (Cu) dan Strukturnya	12
5. Satu Mol O ₂ , H ₂ O dan NaCl.....	14
6. Seng (Zn) dan Struktur Kristalnya.....	17
7. Sulfur dan Strukturnya.....	20
8. Perak (Ag) dan Strukturnya	22
9. Air (H ₂ O) dan Model Molekulnya	22
10. Secangkir Kopi dan Model Molekul Kafein (C ₈ H ₁₀ N ₄ O ₂).....	22
11. Rumus Struktur dan Rumus Molekul Hidrogen, Air, Amonia dan Metana	28
12. Massa Air.....	30
13. Pembentukan Senyawa Ion NaCl	32
14. Magnesium Nitrida.....	35
15. NaCl dan Struktur Kristalnya.....	37
16. Gas Alam Mengandung Terutama Metana	38
17. Urea [(NH ₂) ₂ CO] dan Struktur Molekulnya	39
18. Hidrogen Peroksida (H ₂ O ₂) dan Struktur Molekulnya.....	41
19. Vitamin C (C ₆ H ₈ O ₆) dan Struktur Molekulnya	42
20. Alat Menentukan Rumus Empiris Etanol.....	44
21. Contoh Reaksi Kombinasi, Mg Terbakar	58
22. Kantong Udara pada Mobil	60
23. Persamaan Reaksi Pembakaran Metana (CH ₄)	60
24. Persamaan Reaksi Pembakaran Gas Hidrogen.....	62
25. Makna Koefisien dan <i>Subscript</i>	62
26. Interpretasi Persamaan Reaksi secara Kuantitatif	67
27. Glukosa dan Struktur Molekulnya	67
28. Semen <i>Portland</i>	69
29. Kalsium Oksida (CaO) dan Strukturnya.....	70
30. Kaitan Massa Senyawa A Senyawa B dengan Massa Molarnya dan Koefisien Reaksi	72

31. Perakitan Mobil	72
32. Logam Ti dan Struktur Kristalnya	80
33. Silikon Karbida (SiC) dan Strukturnya	82
34. Kacang Hijau.....	101
35. a. Struktur Cl ₂ , b. Struktur Au, dan c. Struktur NaCl.....	104
36. Massa a Mol Fe dan 1 Mol Sulfur.....	115
37. Molekul Sulfur (S ₈) dan Strukturnya	118
38. Molekul H ₂ O dan Molekul CO ₂	119
39. Satu Mol Gas He, Xe dan CH ₄ pada Keadaan STP	125
40. Hubungan Jumlah Mol dengan Volume Gas.....	126
41. Alat Analisis Pembakaran.....	139
42. Peroksida dan Struktur Molekulnya	145
43. CuSO ₄ .5H ₂ O (Biru) dan CuSO ₄ (Putih)	148
44. Cairan Infus, Larutan NaCl 0,9%	154

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Makna Rumus Molekul Air, H ₂ O	29
2. Beberapa Kation yang Umum	34
3. Beberapa Anion yang Umum	34
4. Persamaan Reaksi Setara pada Pembakaran Propana	65

BAB I

Pendahuluan

1. Rasional

Kimia merupakan ilmu yang mempelajari materi dan perubahan yang menyertai materi tersebut. Istilah “materi” pada ilmu kimia dikenal dengan “zat”. Zat dapat berupa unsur atau senyawa. Zat pada ilmu kimia dinyatakan dengan rumus kimia, sedangkan perubahan kimia dinyatakan dengan persamaan reaksi. **Perubahan kimia adalah “jantungnya” ilmu kimia.** Perubahan kimia terjadi di tubuh kita dan di lingkungan kita setiap saat. Perubahan kimia yang terjadi di alam ini ada yang sederhana dan ada yang kompleks.

Perhitungan zat pada rumus kimia dan persamaan reaksi menggunakan simbol-simbol kimia. Perhitungan ini dipelajari pada topik Stoikiometri. Pemahaman yang baik simbol-simbol kimia pada rumus kimia dan persamaan reaksi memudahkan pemahaman topik-topik kimia lainnya. Nyala korek api adalah bukti nyata dari reaksi kimia. Nyala korek api merupakan reaksi pembakaran. Reaksi pembakaran adalah reaksi pertama yang dipelajari secara sistematis. Berapa gramkah zat yang terlibat dalam reaksi? Berapa gram produk yang dihasilkan? Hal ini dipelajari pada “Stoikiometri”. Istilah stoikiometri berasal dari bahasa Yunani *stoicheion* (“unsur”) dan *metron* (“mengukur”).

Pemahaman Stoikiometri dibangun berdasarkan pemahaman massa atom, rumus kimia dan hukum kekekalan massa, serta pemahaman hukum perbandingan tetap. Mengapa massa zat sebelum reaksi sama dengan massa zat setelah reaksi? Mengapa massa unsur tetap pada suatu senyawa? Dalton menjelaskan bahwa reaksi kimia pada prinsipnya adalah pemutusan dan pembentukan ikatan. Dengan demikian, jumlah dan jenis atom adalah sama sebelum dan setelah reaksi.

2. Deskripsi Singkat

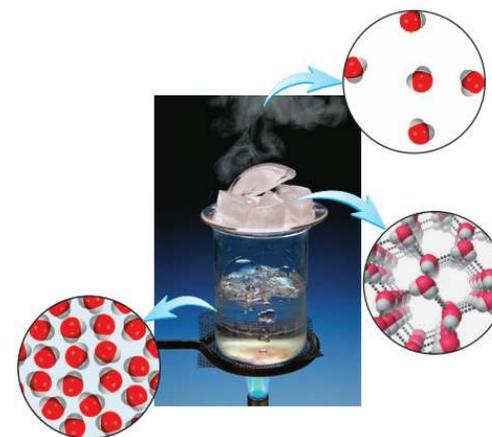
Buku ini terdiri dari 6 bagian utama yaitu **Pendahuluan, Massa atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa, Persamaan Reaksi, Konsep Mol Berbasis Inkuiri Terstruktur, Cara Faktor-Label dan Cara Rumus pada Konsep Mol, Praktikum Green Chemistry pada topik Stoikiometri.** Pada bagian Massa atom, Massa molar dan Rumus Senyawa dijelaskan yang meliputi (1) Massa atom, Massa molar dan Rumus senyawa (Apakah perbandingan dari massa atom?), (Bagaimana menentukan massa atom rata-rata?); (2) Bilangan Avogadro dan Massa Molar (Bagaimana menentukan massa molar?); (3) Hubungan *subscript* dengan mol pada rumus molekul dan rumus senyawa ion (Bagaimana hubungan *subscript* dengan mol pada rumus kimia?); (4) Persen komposisi dari senyawa (Bagaimana hubungan komposisi dengan rumus senyawa). Pada bagian persamaan reaksi dijelaskan yang meliputi (1) Reaksi kimia dan persamaan reaksi, (2) Perhitungan jumlah reaktan dan produk (Bagaimana hubungan koefisien reaksi dengan mol pada persamaan reaksi); (3) Pereaksi pembatas dan (4) Hasil teoritis, hasil sesungguhnya dan presentasi hasil. Pada konsep mol berbasis inkuiri terstruktur diperlukan sebagai wahana latihan bagi siswa atau mahasiswa untuk pemahaman konsep mol yang lebih baik.

Perhitungan pada kimia dapat diselesaikan menggunakan cara Faktor-Label dan Cara Rumus. Kedua cara ini ditinjau dari teori belajar, penalaran dan hasil penelitian. Pada buku ini juga dimuat praktikum pembuatan batu kapur yang sesuai prinsip *green chemistry*.

Penyampaian konsep pada buku ini direpresentasikan dalam tiga bentuk yaitu makro, submikro dan simbolik yang dinamakan dengan triplet kimia (Talanquer, 2010). Seseorang sebaiknya mempunyai kemampuan menghubungkan keterkaitan tiga level representasi kimia tersebut untuk memahami konsep kimia secara utuh. Keterkaitan ini hendaknya timbal balik yang dinamakan dengan interkoneksi. Ketiga level ini lebih dikenal dengan level makroskopik, level submikroskopik dan level simbolik. **Level makroskopik** adalah sesuatu yang nyata dan secara langsung atau tidak langsung merupakan bagian dari pengalaman sehari-hari. **Level submikroskopik** adalah fenomena yang nyata tetapi masih memerlukan teori untuk menjelaskan apa yang terjadi pada tingkat molekuler dan menggunakan representasi model teoritis. **Level simbolik** adalah representasi dari suatu kenyataan dapat berupa simbol, rumus atau persamaan (Gilbert, 2009). Ketiga level representasi ini umumnya sudah banyak ditemui pada buku-buku kimia umum berbahasa Inggris terbitan 2010 ke atas.

Bagaimanakah ketiga wujud air direpresentasikan pada tiga level representasi kimia? Level makroskopik dan level submikroskopik konsep “air” dimuat pada Gambar 1. Sifat air dapat dijelaskan menggunakan level submikroskopik. Ketiga wujud air dapat diamati menggunakan indra penglihatan (level makroskopik), sedangkan interaksi antara molekul air pada ketiga wujud air tersebut dapat digambarkan dengan model yang benar secara keilmuan yaitu molekul air berbentuk huruf V (tidak

linear) dimana setiap satu molekul air terikat satu atom Oksigen dengan dua atom Hidrogen secara kovalen (level submikroskopik). Setiap molekul air membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya (level submikroskopik). Pada level simbolik air disimbolkan dengan H_2O . Ketiga level ini saling terkait atau terinterkoneksi.



Gambar 1. Tiga Wujud Air, H_2O
(Chang *et al.*, 2011)

Pemahaman yang baik terhadap interkoneksi tiga level ini pada “air” akan membawa pemahaman yang baik juga terhadap konsep “air”. Kita dengan baik dapat menjelaskan mengapa “es” mengapung di lautan, mengapa NaCl dapat larut di dalam air dan mengapa etanol juga sangat larut di dalam air. Kita dapat juga menjelaskan dengan baik konsep “menguap”, dan konsep “mendidih”. Pemahaman suatu konsep ditunjukkan oleh kemampuan mentransfer dan menghubungkan antara level makroskopik, submikroskopik dan simbolik, submikroskopik dan simbolik. Kemampuan ini sangat penting dimiliki oleh seorang guru. Pada buku ajar ini, konsep rumus kimia dan persamaan reaksi hampir seluruhnya disajikan menggunakan tiga level

tersebut. Oleh sebab itu, buku ini sangat memudahkan mahasiswa memahami kimia pada topik Stoikiometri. Buku ini, dapat digunakan oleh siswa yang pertama kali mempelajari stoikiometri.

3. Petunjuk Belajar

Keistimewaan buku ini adalah memuat tiga level representasi kimia untuk memudahkan pemahaman konsep kimia secara utuh. Buku ini juga menyertakan contoh-contoh rumus kimia dan persamaan-persamaan reaksi yang lebih dekat ke kehidupan kita. Beberapa representasi kimia pada buku ini diambil dari web yang konsep kimianya telah ditelaah kebenaran keilmuannya. Buku ini menggunakan faktor konversi untuk mengubah satuan ke satuan yang diinginkan agar kelihatan logika perubahan satuan tersebut. Penggunaan faktor konversi lebih memudahkan untuk memahami konsep kimia yang berkaitan dengan hitungan (Azhar M, 2004). Penggunaan faktor konversi dapat dilihat pada video di web ini (<https://www.youtube.com/watch?v=7N0IRJLwpPI>).



Hal-hal yang perlu diperhatikan pada penggunaan buku ini adalah

1. Tujuan pembelajaran yang akan dicapai
2. Ruang lingkup materi
3. Keterkaitan teks dengan gambar yang disediakan
4. Membuat semua tugas dan melakukan tes formatif

Untuk lebih memahami konsep-konsep perhitungan zat pada rumus kimia dan persamaan reaksi silahkan hubungi chanel Tyler DeWitt (<https://www.youtube.com/user/tdewitt451>).

BAB II

Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa

Capaian Pembelajaran

Menguasai konsep massa atom, massa molar dan rumus senyawa

SubCapaian pembelajaran

1. Dapat menentukan massa atom rata-rata dari data spektroskopi massa
2. Dapat menentukan massa 1 mol unsur dan senyawa dari data massa atom
3. Dapat menentukan hubungan massa dengan mol suatu unsur dan senyawa
4. Dapat menuliskan rumus senyawa dari rumus strukturnya
5. Dapat menentukan hubungan *subscript* dan mol dalam rumus senyawa
6. Dapat menentukan kadar unsur dalam suatu senyawa

Pokok-pokok materi

1. Massa atom, dan massa atom relatif
2. Bilangan Avogadro dan massa molar

3. Hubungan *subscript* dengan mol pada rumus molekul dan rumus senyawa ion
4. Persen komposisi unsur pada senyawa

1. Massa Atom, dan Massa Atom Relatif

Atom merupakan partikel yang luar biasa sangat kecil sekali. Atom yang paling besar mempunyai massa hanya $4,8 \times 10^{-22}$ g ($0,000000000000000000000048$ g!) dan diameter hanya 5×10^{-10} m. **Tidak ada timbangan manapun di dunia ini yang dapat mengukur massa 1 atom !** Timbangan analitik di laboratorium dapat menimbang zat sampai 0,0001 mg. Bagaimana ilmuwan menggunakan akalinya untuk menentukan massa 1 atom? Apakah perbandingan massa atom?

Silahkan diperhatikan analogi berikut: Bagaimana cara anda menentukan berapa buah biji kacang hijau jika anda membeli kacang hijau yang massanya 1 kg? (masyarakat lebih sering memakai istilah berat dibandingkan massa, yang betulnya massa)? Pertanyaan ini analog dengan berapa jumlah atom pada isotop C-12, jika massanya 12 g? Anda tidak mungkin menimbang secara langsung satu atom, bukan? **Anda tidak mungkin dapat memegang dan menimbang secara langsung 1 atom, bukan?** Pada kenyataannya anda dapat memegang dan menimbang satu biji kacang hijau, bukan?

Massa atom tergantung pada jumlah elektron, proton dan neutron yang terdapat pada suatu atom. Pengetahuan massa sebuah atom adalah penting karena sangat berhubungan dengan pekerjaan di laboratorium dan industri. Tetapi atom merupakan partikel yang luar biasa sangat kecil sekali. Bahkan secuil debu terkecil yang masih terlihat mata mengandung sekitar 10^{16} atom! Dengan demikian, jelas kita tidak dapat menimbang satu atom dengan timbangan analitik yang ada di laboratorium (satuan mg),

tetapi adalah mungkin menentukan massa satu atom relatif dengan atom lainnya secara eksperimen.

Massa sebuah atom sangat kecil. Bagaimana ilmuwan memperoleh datanya? Sebuah atom isotop Carbon-12 mempunyai massa 12 amu (*atomic mass unit*). Data ini diperoleh dari spektroskopi massa. Massa satu mol (massa molar) karbon-12 adalah 12 g yang mengandung $6,02 \times 10^{23}$ atom. Berapa gramkah 1 amu? Timbangan yang tersedia di laboratorium dalam satuan mg atau g. Kita bekerja di laboratorium dalam skala g atau mg bahkan dalam skala ton dalam industri, bukan dalam skala amu. Bagaimana hubungan satuan "amu" dengan satuan "g"? Pada bab 2 ini kita mempelajari rumus struktur, formula senyawa ion, rumus molekul serta hubungannya dengan massa atom dan molekul. Hubungan ini akan membantu kita memahami komposisi unsur pada senyawa.

Langkah pertama menentukan massa atom adalah menandai nilai massa satu atom dari unsur agar dapat digunakan sebagai standar. Persetujuan internasional, massa atom adalah massa dari atom dalam satuan amu. **Satu amu didefinisikan sebagai massa dari seperduabelas massa satu atom Carbon-12.** Dengan demikian dapat dikatakan bahwa massa atom relatif disingkat " A_r " adalah massa rata-rata suatu atom dibandingkan dengan 1/12 massa atom C-12. Secara matematika dapat ditulis sebagai berikut:

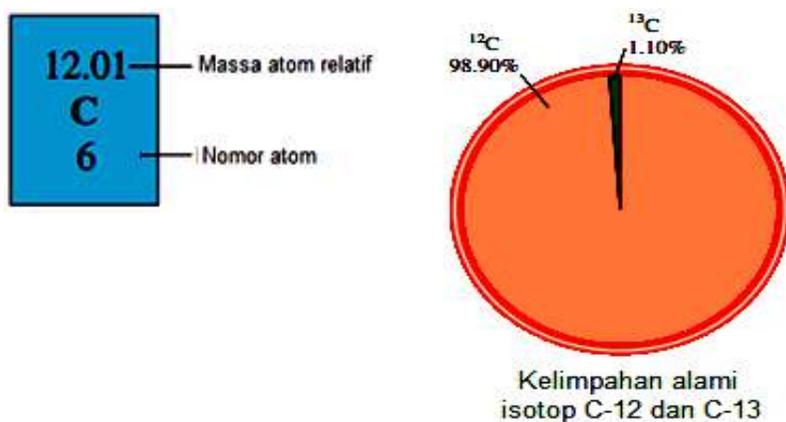
$$A_r X = \frac{\text{massa rata-rata atom X amu}}{\frac{1}{12} \text{ atom C-12 amu}}$$

$$= \frac{\text{massa rata-rata atom X amu}}{1 \text{ amu}}$$

Dari persamaan tersebut dapat dikatakan bahwa **massa rata-rata atom $X = A_r X$ amu**. Bagaimanakah cara menentukan massa rata-rata suatu atom?

Massa rata-rata atom

Bagaimana menentukan massa rata-rata suatu atom? Jika kita melihat sistem periodik kita akan menemukan bahwa massa atom karbon tidak 12 amu tetapi 12,01 amu. Alasan perbedaan ini adalah kebanyakan unsur terjadi di alam (termasuk karbon) mempunyai lebih dari satu isotop. Ini berarti bahwa jika kita mengukur massa atom suatu unsur kita harus merata-ratakan massa campuran isotopnya yang terdapat di alam. Sebagai contoh secara alami kelimpahan isotop Carbon-12 yang ditemukan adalah 98,90%, sedangkan Carbon-13 adalah 1,10%. Dengan demikian, isotop Carbon-12 sangat jauh lebih banyak dibandingkan isotop Carbon-13 (Gambar 2).



Gambar 2. Lambang Karbon dan Isotop Karbon

Massa atom Carbon-13 telah ditentukan yaitu 13,00335 amu, sedangkan massa atom Carbon-12 adalah 12,00000 amu. Dengan demikian, massa rata-rata atom Carbon adalah $(0,9890 \times 12,00000 \text{ amu}) + (0,0110 \times 13,00335 \text{ amu}) = 12,01 \text{ amu}$. Ini penting untuk dimengerti arti massa atom Carbon 12,01 amu. Artinya adalah massa rata-rata satu atom Carbon adalah 12,01 amu. Yang ditemukan di alam adalah massa atom 12,00000 amu dan yang lainnya adalah 13,00334 amu dan tidak pernah ditemukan 12,01 amu. Dari mana data kelimpahan isotop dan massa isotop ditemukan?

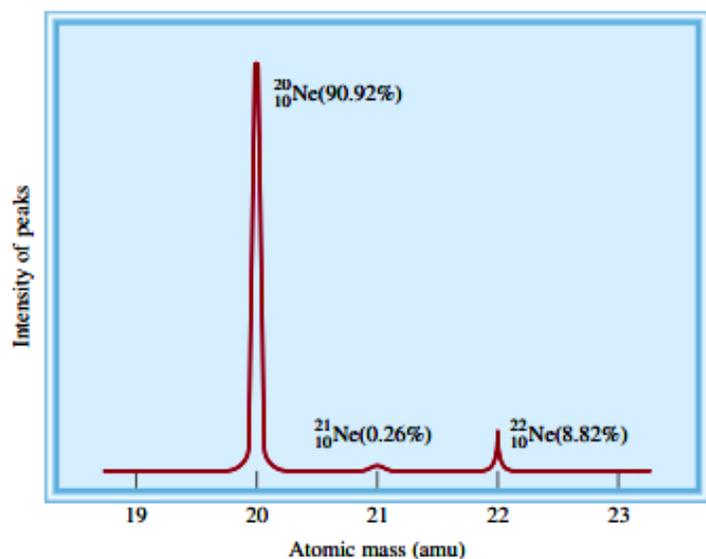
Metoda yang akurat untuk menentukan massa atom adalah dengan spektrometer massa. Sampel dalam bentuk gas dihujani aliran elektron berenergi tinggi pada spektrometer massa (video pada <https://www.ssyoutube.com/watch?v=sTi-ixdAME>). Data yang keluar dari alat spektrometer massa adalah kelimpahan isotop dan massa isotop. Spektrometer massa pertama dikembangkan pada tahun 1920-an oleh ahli fisika Inggris, FW Aston. Pada awalnya ditentukan keberadaan isotop Neon-20 (massa atom 19,9924 amu, kelimpahan 90,92%) dan Neon-22 (massa atom 21,9914 amu, kelimpahan 8,82%).

Ketika spektrometer massa yang lebih sensitif tersedia, hal yang mengejutkan adalah ditemukan isotop Neon yang ke tiga dengan massa atom 20,9940 amu dengan kelimpahan 0,257% (Gambar 3). Contoh ini mengilustrasikan begitu sangat penting eksperimen yang akurat. Eksperimen sebelumnya gagal mendeteksi Neon-21 karena kelimpahannya sangat kecil, yaitu hanya 0,257%. Apa arti angka ini? Angka ini dapat diartikan hanya terdapat 26 buah isotop Ne-21 dalam 10.000 atom Ne.

Mass spectro meter

Contoh Latihan ke-1 merupakan perhitungan yang berhubungan dengan kelimpahan isotop

Bagaimana menentukan massa satu molekul? Massa molekul dapat ditemukan dengan cara yang mirip seperti menentukan massa atom yaitu menggunakan spektrometer massa. **Massa suatu molekul dapat juga dihitung dengan menjumlahkan massa atom yang terikat pada molekul tersebut.**



Gambar 3. Spektrum Massa Tiga Isotop Ne (Chang *et al.*, 2011:6)

Massa atom banyak unsur telah ditentukan secara akurat dan dinyatakan dalam 5 sampai 6 angka bermakna. Pada sistem periodik dicantumkan massa atom relatif. Sistem periodik modern dapat **didownload dari play store pada HP** (buka *play store* ketik kata kunci "*table periodic*", dapat dipilih Sistem Periodik terbaru). Pada sistem periodik tersebut massa atom rata-rata ditulis sampai 6 angka di belakang koma. Lebih teliti bukan? Pada tabel sistem

periodik yang dimuat di bagian lampiran buku ini, dicantumkan komposisi isotop atom. Pada sistem periodik yang dicantumkan adalah massa rata-rata atom. Untuk penyederhanaan, kata "massa rata-rata" tidak ditulis pada sistem periodik. Makna angka ini adalah massa rata-rata 1 atom unsur atau kita sederhanakan menjadi massa 1 atom unsur. Massa atom ini dibandingkan dengan 1/12 isotop ^{12}C sehingga dinamakan **massa atom relatif** (A_r). Dengan demikian, **makna "massa atom" adalah berbeda dengan makna "massa atom relatif"**. Perhatikanlah dengan seksama contoh Latihan ke-1.

Contoh Latihan ke-1

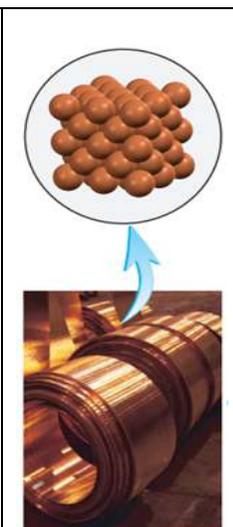
Tembaga (Cu), merupakan logam yang telah dikenal sejak zaman dahulu (Gambar 4). Tembaga digunakan pada kabel listrik dan uang koin. Massa atom dari dua isotop stabil tembaga adalah Cu-63 (69,09 %) dan Cu-65 (30,91%) berturut-turut adalah 62,93 amu dan 64,9278 amu. Hitung massa rata-rata atom Cu. Berapakah A_r Cu?

Konsep

Masing-masing isotop berkontribusi ke massa atom rata-rata berdasarkan kelimpahannya (persentasenya)

Strategi pemecahan

$$\begin{aligned} \text{Massa rata-rata atom Cu} &= \\ &= (0,6909)(62,93 \text{ amu}) + 0,3091(64,9278 \text{ amu}) = \\ &= 63,55 \text{ amu} \end{aligned}$$



Gambar 4. Tembaga (Cu) dan Strukturnya

$$A_r \text{Cu} = \frac{\text{Massa rata-rata Cu}}{\frac{1}{12} \text{ massa C-12 amu}}$$

$$= \frac{63,55 \text{ amu}}{\frac{1}{12} \text{ massa C-12 amu}} = 63,55$$

Penguatan konsep

Massa rata-rata atom tentu massa diantara dua isotop tersebut. Massa rata-rata atom Cu tentu lebih dekat ke 62,93 amu dibandingkan ke 64,9278 amu. Massa atom relatif (A_r) tidak mempunyai satuan karena massa atom dibandingkan dengan $1/12$ massa atom C-12.

Pertanyaan lanjutan

Tentukanlah massa 1 atom Cu

Tentukanlah massa 100 atom Cu

Tentukanlah massa $3,01 \times 10^{23}$ atom Cu

Tentukanlah massa $6,01 \times 10^{23}$ atom Cu

Tentukanlah massa 1 mol atom Cu

2. Bilangan Avogadro dan Massa Molar

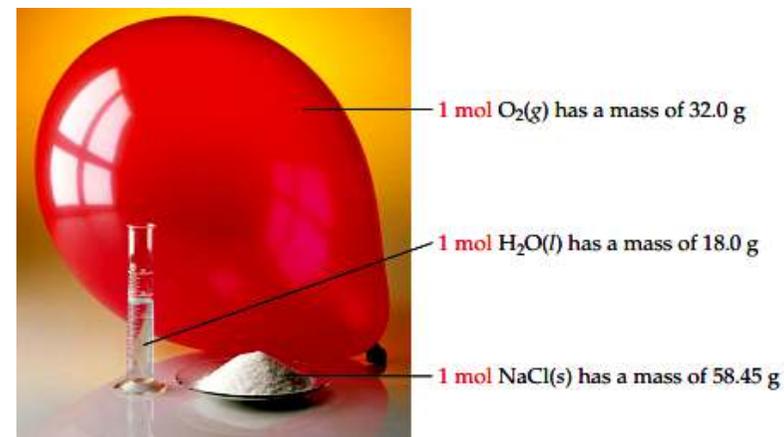
(Berapa massa satu molar suatu zat?)

Dalam situasi nyata di laboratorium dan industri, kita berurusan dengan dunia makroskopik yaitu zat yang dapat dilihat dan dipegang, sedangkan sampel mengandung sejumlah besar partikel dapat berupa atom, ion atau molekul. Oleh karena itu, mudah untuk memiliki satuan khusus yang menggambarkan sejumlah besar partikel tersebut. Ide satuan yang merupakan notasi jumlah objek tertentu bukanlah hal baru. Dalam kehidupan keseharian kita, kita selalu menggunakan satuan. Sebagai contoh 1 pasang (2 item), 1 lusin (12 item), 1 gross (144 item), 1 kodi (20 item) dan 1 rim (500 item). Semua satuan ini sangat kita kenal.

Minda Azhar 13

Apakah satuan dalam kimia? Pada ilmu kimia satuan yang berkaitan dengan jumlah atom, ion atau molekul pada suatu zat dikenal dengan **mole**. **Mole disingkat** dengan “**mol**” yang merupakan satuan SI untuk jumlah zat.

Definisi SI mol merujuk ke sejumlah atom yang terdapat tepat pada 12 g isotop ^{12}C (Carbon-12). Berapakah angkanya? Telah banyak eksperimen yang dilakukan untuk menentukan angka tersebut. Angka yang baru-baru ini diterima adalah $6,0221415 \times 10^{23}$. Ilmuwan menamakan angka ini dengan bilangan Avogadro, penghargaan terhadap ilmuwan Italia, Amedeo Avogadro (1776-1856). Bilangan Avogadro umumnya dibulatkan menjadi $6,022 \times 10^{23}$. Dengan demikian, 1 mol atom, 1 mol molekul atau 1 mol ion, jumlahnya sebanyak bilangan Avogadro. Gambar 5. merupakan 1 mol O_2 , H_2O dan NaCl .



Gambar 5. Satu Mol O_2 , H_2O dan NaCl

(Brown *et al.*, 2012:89)

Dengan kata lain,

$$1 \text{ mol } \text{O}_2 = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul } \text{O}_2 = 32,0 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol molekul } \text{H}_2\text{O} = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul } \text{H}_2\text{O} = 18,0 \text{ g}$$

14 STOIKIOMETRI

$$1 \text{ mol ion Na}^+ = 6,02 \times 10^{23} \text{ ion Na}^+$$

$$1 \text{ mol ion Cl}^- = 6,02 \times 10^{23} \text{ ion Cl}^-$$

$$1 \text{ mol NaCl} = 58,45 \text{ g NaCl (ion Na}^+ \text{ dan ion Cl}^-)$$

Seberapa besar bilangan Avogadro, sulit dibayangkan, bukan? Sebagai ilustrasi $6,022 \times 10^{23}$ jeruk dapat menutupi permukaan bumi yang tebalnya 9 mil ke udara! Menghitung 1 lusin jeruk sangat sebentar, tetapi berapa lama kita menghitung jeruk sebanyak $6,022 \times 10^{23}$ jika setiap detik kita dapat menghitung hanya 10 jeruk? Berapa lama Anda menghitungnya? Berapa tahunkah? Lengkapilah titik-titik berikut:

$$10 \text{ jeruk} = 1 \text{ detik}$$

$$20 \text{ jeruk} = \dots \text{ detik}$$

$$2 \times 10^3 \text{ jeruk} = \dots \text{ detik}$$

$$2,5 \times 10^3 \text{ jeruk} = \dots \text{ detik}$$

$$6,022 \times 10^{23} \text{ jeruk} = \dots \text{ detik}$$

$$6,022 \times 10^{23} \text{ jeruk} = \dots \text{ menit}$$

$$6,022 \times 10^{23} \text{ jeruk} = \dots \text{ jam}$$

$$6,022 \times 10^{23} \text{ jeruk} = \dots \text{ hari}$$

$$6,022 \times 10^{23} \text{ jeruk} = \dots \text{ tahun}$$

Dengan demikian, angka $6,022 \times 10^{23}$ merupakan angka yang sangat besar, bukan? Angka ini sangat cocok digunakan sebagai satuan jumlah atom, molekul, ion yang ukurannya sangat kecil sekali dan jumlahnya sangat banyak.

Seperti telah dijelaskan sebelumnya satu mol adalah sejumlah zat/materi yang mengandung partikel (seperti atom, atau molekul atau ion) sebagai sejumlah atom pada isotop karbon ^{12}C tepat 12 g. Berapa jumlah atom pada isotop karbon ^{12}C yang massanya tepat 12 g? Bagaimana para ahli menentukan massa satu mol suatu zat? Massa satu mol zat dikenal juga dengan

massa molar. Bagaimana menentukan massa molar suatu zat? Teruslah membaca uraian pada buku ini, urutan cerita keilmuannya sangat menarik.

Dari data massa molar dan bilangan Avogadro, kita dapat menghitung massa 1 atom dalam satuan gram. Kita sudah mengetahui bahwa massa molar ^{12}C (Carbon-12) adalah 12 g dan terdapat $6,022 \times 10^{23}$ atom ^{12}C . Berapakah massa 1 atom ^{12}C ? Pertanyaan ini analog dengan 1 kg jeruk terdapat 8 jeruk, berapa massa 1 jeruk? Dengan demikian, massa 1 atom Carbon-12 adalah

$$\frac{12,00 \text{ g carbon-12 atoms}}{6,022 \times 10^{23} \text{ carbon-12 atoms}} = 1,993 \times 10^{-23} \text{ g}$$

Bagaimanakah hubungan "amu" dengan "gram"? Karena massa setiap atom Carbon-12 tepat 12 amu, maka hubungan amu dan gram adalah sebagai berikut ;

$$\begin{aligned} \frac{\text{amu}}{\text{gram}} &= \frac{12 \text{ amu}}{1 \text{ carbon-12 atom}} \times \frac{1 \text{ carbon-12 atom}}{1,993 \times 10^{-23} \text{ g}} \\ &= 6,022 \times 10^{23} \text{ amu/g} \end{aligned}$$

Dengan demikian, **1 gram = $6,022 \times 10^{23}$ amu**

$$\begin{aligned} \text{Tentu, } 1 \text{ amu} &= \frac{1 \text{ gram}}{6,022 \times 10^{23}} \\ &= 1,66 \times 10^{-24} \text{ gram} \\ &= 0,000 \ 000 \ 000 \ 000 \ 000 \ 000 \ 000 \ 00166 \text{ gram} \end{aligned}$$

Dengan demikian, **1 gram = $6,022 \times 10^{23}$ amu**, sedangkan **1 amu = 0,000 000 000 000 000 000 000 00166 gram**. Bilangan Avogadro dapat digunakan untuk mengubah satuan amu ke gram atau sebaliknya. Seberapa besar 1 amu? Suatu kenyataan yang luar

biasa. Angka yang sangat kecil. Tidak ada satu timbanganpun di dunia ini yang dapat menimbang 1 amu! Timbangan analitik yang terdapat di laboratorium hanya dapat menimbang benda dalam satuan mg dengan empat angka di belakang koma!.

Notasi bilangan Avogadro (1 mol X = $6,022 \times 10^{23}$ atom X) dan massa molar (1 mol X = massa molar X) dapat digunakan sebagai faktor konversi. Faktor konversi ini menghubungkan antara massa dan mol dari atom dan antara mol dan jumlah atom atau sebaliknya. Kita menggunakan faktor konversi dalam perhitungan, dimana X adalah simbol unsur.

$$\frac{1 \text{ mol X}}{\text{massa molar X}} = 1, \text{ dan } \frac{1 \text{ mol X}}{6,022 \times 10^{23} \text{ atom X}} = 1$$

Penggunaan faktor konversi ini dapat dilihat pada contoh Latihan ke-2. Penggunaan faktor konversi yang lain dapat dilihat pada contoh Latihan ke-3, contoh Latihan ke-4 dan contoh Latihan ke-5.

Contoh Latihan ke-2.

Seng (Zn) adalah logam seperti perak yang digunakan untuk membuat kuningan dan *diplating* ke besi untuk mencegah korosi (Gambar 6). **Berapa mol Zn pada 45,9 g Zn?** (A_r Zn adalah 65,39).

Konsep

Apa arti A_r Zn=65,39? Artinya adalah

1. Massa 1 atom Zn = **65,39 amu**

Faktor konversinya adalah

$$\frac{1 \text{ atom Zn}}{65,39 \text{ amu}} = 1, \text{ atau } \frac{65,39 \text{ amu}}{1 \text{ atom Zn}} = 1$$



Gambar 6. Seng (Zn) dan Struktur Kristalnya

2. Massa 1 mol Zn = **65,39 g**

Faktor konversinya adalah

$$\frac{1 \text{ mol Zn}}{65,39 \text{ g Zn}} = 1, \text{ atau } \frac{65,39 \text{ g Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 1$$

Apa faktor konversi untuk mengubah g ke mol? Faktor konversi mana yang dipilih?

Strategi pemecahan

g Zn \rightarrow ? mol Zn

$$45,9 \text{ g Zn} \times \frac{1 \text{ mol Zn}}{65,39 \text{ g Zn}} = 0,702 \text{ mol Zn}$$

Dengan demikian, 45,9 g Zn adalah 0,702 mol Zn

Penguatan konsep

45,9 g Zn adalah lebih kecil dari massa molar Zn, kita memang mengharapkan hasil lebih kecil dari 1 mol.

Pertanyaan kedua

Berapa jumlah atom pada 45,9 g Zn?

Konsep

1 mol Zn = $6,022 \times 10^{23}$ atom Zn

Faktor konversinya

$$\frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 1; \frac{1 \text{ mol Zn}}{6,022 \times 10^{23} \text{ atom Zn}} = 1$$

Apa faktor konversi untuk mengubah mol ke atom ?

<p>Strategi Mol Zn → ? Atom Zn</p> $0,702 \text{ mol Zn} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom Zn}}{1 \text{ mol Zn}} = 4,227 \times 10^{23} \text{ atom Zn}$ <p>Penguatan konsep Jumlah 1 mol Zn adalah $6,022 \times 10^{23}$ atom Zn. Karena jumlah atom Zn kurang dari satu mol, maka jumlah atomnya kurang dari $6,022 \times 10^{23}$ buah.</p> <p>Pertanyaan lanjutan Berapa jumlah atom pada 0,5 mol Cu? Berapa mol $3,011 \times 10^{23}$ atom Cu? Berapa mol $6,022 \times 10^{23}$ atom Cu? Berapa jumlah atom pada 0,1 mol Cu? Berapa atom pada 1 mol Cu Berapa massa 1 mol Cu Berapa massa 1 atom Cu Berapa atom pada 10 mol Cu Berapa atom pada 0,5 mol Cu</p>	
---	--

Pertanyaan ini analog dengan berapakah harga 10 goreng pisang jika harga 1 goreng pisang adalah Rp 1.500 atau berapa goreng pisangkah kita dapat beli jika uang kita Rp 5000? Sangat mudah bukan?

Catatan:
Sahabatku, Guru-guruku. Anak didikku, mahasiswa waku !
Jangan digunakan rumus mol = $\frac{\text{gram}}{\text{Mr}}$ atau mol = $\frac{\text{gram}}{\text{Ar}}$. Rumus ini tidak ada maknanya, dan tidak digunakan lagi.

Contoh Latihan ke-3.

Sulfur adalah unsur non logam yang berwarna kuning. Bentuk paling umum Sulfur berada sebagai molekul oktatomik cyclo-S₈ (Gambar 7). Pada batu bara dapat terkandung belerang. Ketika batu bara dibakar sulfur diubah ke sulfur oksida dan selanjutnya ke asam sulfat yang mengakibatkan fenomena hujan asam. Oleh sebab itu, batu bara yang mengandung sulfur dapat menurunkan nilai jual. Berapa atom terdapat pada 25,1 g Sulfur? Berapa molekul pada 25 g Sulfur

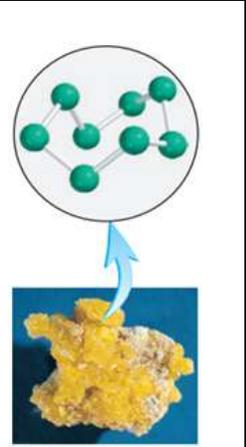
Konsep
1 mol S = 32,07 g S
1 mol S = $6,022 \times 10^{23}$ atom S
1 mol S₈ = 32,07 g x 8 = 256,56 g S₈
1 mol S₈ = $6,022 \times 10^{23}$ molekul S₈

Strategi Pemecahan
g S → ? mol S → ? atom S

$$25,1 \text{ g S} \times \frac{1 \text{ mol S}}{32,07 \text{ g S}} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom S}}{1 \text{ mol S}} = 4,71 \times 10^{23} \text{ atom}$$

Dengan demikian, $4,71 \times 10^{23}$ atom S terdapat pada 25,1 g Sulfur

25g S₈ → ? mol S₈ →? Molekul S₈



Gambar 7.
Sulfur (S) dan Strukturnya

$$25,1 \text{ g S}_8 \times \frac{1 \text{ mol S}_8}{256,56 \text{ g S}_8} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ atom S}}{1 \text{ mol S}_8}$$

$$= 0,59 \times 10^{23} \text{ molekul S}_8$$

Dengan demikian, $0,59 \times 10^{23}$ molekul S_8 terdapat pada 25,1 g Sulfur

Penguatan konsep

Apakah 25,1 g Sulfur mengandung jumlah atom yang lebih sedikit dari 1 mol atom S? Berapa massa Sulfur yang mengandung atom sebanyak bilangan Avogadro? Apakah 25,1 g Sulfur mengandung jumlah molekul yang lebih sedikit dari 1 mol molekul S_8 ? Berapa massa Sulfur yang mengandung molekul sebanyak bilangan Avogadro?

Pertanyaan lanjutan

Berapa jumlah atom pada 0,551 g K?
 Berapa mol 0,551 g K?
 Berapa massa atom pada 0,551 g K?
 Berapa atom pada 1 mol K
 Berapa massa 1 mol K
 Berapa massa 1 atom K
 Berapa atom pada 10 mol K?
 Berapa massa 10 mol K

Contoh Latihan ke-4

Perak (Ag) adalah logam berharga yang terutama digunakan sebagai perhiasan (Gambar 8). Berapa massa satu atom perak dalam g dan dalam amu?

Konsep

1 mol Ag = $6,022 \times 10^{23}$ atom Ag

1 mol Ag = 107,9 g Ag

1 gram = $6,022 \times 10^{23}$ amu,

Strategi Pemecahan

$6,022 \times 10^{23}$ atom Ag = 107,9 gram Ag

$$\text{Massa 1 atom Ag} = \frac{107 \text{ gram Ag}}{6,022 \times 10^{23}} = 17,7682 \times 10^{-23} \text{ g Ag}$$

(0,000 000 000 000 000 000 177 682 g Ag)

$$= \frac{107 \text{ gram Ag}}{6,022 \times 10^{23}} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ amu}}{1 \text{ gram}}$$

$$= 107,9 \text{ amu}$$

Tidak ada timbangan yang dapat menimbang angka sekecil ini !

Penguatan konsep

Karena massa $6,022 \times 10^{23}$ atom Ag adalah 107,9 g, tentu massa 1 atom Ag sangat-sangat kecil.

Pertanyaan lanjutan

Berapa gram massa 1 atom Iodin?

Manakah pilihan berikut yang mengandung jumlah atom paling banyak?

- 2 g He
- 110 g Fe
- 220 g Al



Gambar 8. Perak (Ag) dan Strukturnya

Massa Molekul dan Massa Molar

Jika kita mengetahui massa atom yang terikat pada suatu molekul kita dapat menghitung massa molekul tersebut, bukan? **Massa molekul adalah jumlah massa atom pada molekul tersebut. Massa molar molekul merupakan massa 1 mol molekul tersebut.** Kita sangat mudah menentukan massa molekul jika rumus molekulnya telah diketahui. Sebagai contoh, Air mempunyai rumus molekul H₂O. Apa artinya rumus molekul ini? Rumus molekul H₂O dapat diartikan bahwa 1 molekul H₂O terikat 2 atom H dan 1 atom O secara kovalen. Model molekul dari rumus molekul H₂O dapat digambarkan sebagai a. Model *Ball-and-stick* atau b. Model *space-filling* (Gambar 11). Dengan demikian, massa 1 molekul H₂O adalah 2 massa atom H ditambah 1 massa atom O. Perhatikanlah contoh Latihan ke-5.

Contoh Latihan ke-5

Kita tidak dapat hidup tanpa air. Sekitar 80% air terdapat di setiap sel kita. Hitung berapa massa 1 molekul H₂O? Hitung juga massa 1 mol air? (Diketahui A_r O=16, H=1)

Konsep

1 molekul H₂O = 2 atom H + 1 atom O

1 mol H₂O = 6,022 × 10²³ molekul H₂O

Strategi pemecahan

Massa 1 molekul H₂O = massa 2 atom H +
massa 1 atom O

$$= (2 \times 1,008 \text{ amu}) + (16,00 \text{ amu})$$

$$= \mathbf{16,02 \text{ amu}}$$

Massa 1 mol H₂O



Gambar 9. Air (H₂O) dan Model Molekulnya

$$= 6,022 \times 10^{23} \times 16,02 \text{ amu} \times \frac{1 \text{ gram}}{6,022 \times 10^{23} \text{ amu}}$$
$$= \mathbf{16,02 \text{ gram}}$$

Dengan demikian, massa 1 molekul air adalah 16,02 amu, dan massa 1 mol H₂O adalah 16,02 gram. Angkanya sama tetapi satuannya berbeda! Berapakah perbandingan massa 1 molekul H₂O dengan 1 mol molekul H₂O (6,022 × 10²³ molekul H₂O)? Suatu angka yang sangat-sangat besar.

Penguatan konsep

Kita dapat menghitung massa molekul jika kita mengetahui rumus molekulnya.

Pertanyaan lanjutan

Berapakah massa 10 molekul H₂O?

Berapakah massa 2 mol molekul H₂O?

Berapa massa hidrogen pada 1 molekul H₂O

Berapa massa oksigen pada 1 molekul H₂O

Berapa massa hidrogen pada 1 mol H₂O

Berapa massa oksigen pada 1 mol H₂O

Berapa massa oksigen pada 2 mol H₂O

Berapa massa oksigen pada 18,02 gram H₂O

Berapa massa hidrogen pada 18,02 gram H₂O

Berapa atom oksigen pada 1 molekul H₂O

Berapa atom oksigen pada 2 molekul H₂O

Berapa atom oksigen pada 1 mol H₂O

Berapa atom hidrogen pada 1 mol H₂O

Berapa massa oksigen pada 100 mol H₂O

Berapa massa hidrogen pada 100 mol H₂O

Berapa massa oksigen pada 100 mol H ₂ O Berapa mol hidrogen dalam 9 gram H ₂ O Berapa mol oksigen dalam 9 gram H ₂ O Berapa massa oksigen dalam 9 gram H ₂ O	
---	--

Contoh Latihan ke-6

Anda tentu pernah mencicipi kopi dan teh bukan? Pada teh dan kopi terdapat kafein atau *trimethylxanthine* (C₈H₁₀N₄O₂) senyawa stimulan (Gambar 10). Hitunglah massa satu molekul kafein.

Konsep

Pada satu molekul C₈H₁₀N₄O₂ terdapat 8 atom, 10 atom H, 4 atom N dan 2 atom O.

Strategi pemecahan

Untuk menghitung massa molekul kita perlu jumlah massa atom pada molekul tersebut.

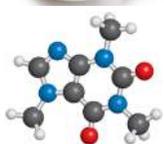
$$\begin{aligned} \text{Massa 1 molekul C}_8\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_2 \\ &= 8(12,01 \text{ amu}) + 10(1,008 \text{ amu}) + 4(14,01 \text{ amu}) \\ &+ 2(16,00 \text{ amu}) = 194,20 \text{ amu} \end{aligned}$$

Penguatan konsep

Pertanyaan ini sangat mudah dijawab dengan memperhatikan rumus molekul dan rumus struktur kafein.

Pertanyaan lanjutan

Berapa massa 1 molekul kafein?
Berapa massa 2 molekul kafein?



Gambar 10.
Secangkir Kopi dan Model Molekul Kafein (C₈H₁₀N₄O₂)

Berapa massa 1 mol molekul kafein? Berapa massa 1 mol kafein? Berapa massa 2 mol molekul kafein? Berapa massa 2 mol kafein? Berapa atom C pada 1 molekul kafein? Berapa atom C pada 2 molekul kafein? Berapa atom N pada 20 molekul kafein? Berapa atom O pada 200 molekul kafein? Berapa atom N pada 1 mol kafein? Berapa massa atom C pada 1 molekul kafein? Berapa massa atom C pada 1 mol kafein? Berapa persen massa N pada kafein? Berapa persen massa C pada kafein? Berapa massa N pada 1 molekul kafein Berapa massa N pada 1 mol kafein?	
--	--

3. Hubungan *Subscript* dengan Mol pada Rumus Molekul dan Rumus Senyawa Ion (Bagaimana hubungan *subscript* dengan mol pada rumus kimia?)

Ahli kimia menggunakan rumus kimia (simbol kimia) untuk menyatakan komposisi pada senyawa molekul dan senyawa ion. Pada setiap rumus kimia suatu senyawa tidak hanya menyatakan unsur yang terdapat dalam suatu senyawa tetapi juga menyatakan perbandingan atom-atom yang berikatan. Pada bagian ini, terutama dibahas dua tipe rumus kimia yaitu **rumus molekul** dan **rumus empiris**. **Rumus senyawa ion** merupakan rumus empiris. Dengan demikian, kita mengenal rumus molekul, rumus empiris dan rumus senyawa ion serta formula. Selain itu kita mengenal juga rumus struktur.

Rumus Molekul

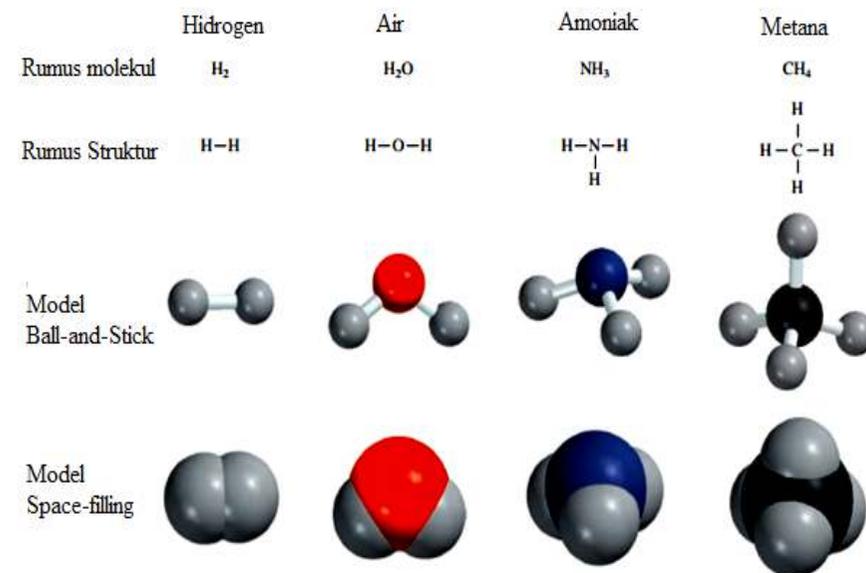
Suatu rumus molekul memperlihatkan secara pasti jumlah atom unsur yang berikatan membentuk molekul melalui ikatan kovalen. Sebagai contoh rumus molekul hidrogen adalah H_2 , rumus molekul oksigen adalah O_2 , rumus molekul ozon adalah O_3 , rumus molekul air adalah H_2O . Oksigen dan ozon adalah *allotrope* yaitu molekul yang berbeda dari atom yang sama. Sifat ozon berbeda dengan oksigen. Contoh lain, *allotrope* adalah diamond dan grafit. Sifat diamond sangat berbeda dengan grafit. Untuk memahami rumus molekul dengan mudah kita menggunakan model molekul.

Model Molekul

Molekul sangat kecil sekali untuk diamati secara langsung. Sangat efektif memvisualisasikannya menggunakan model molekul. Dua tipe standar model molekul adalah model *ball-and-stick* dan model *space-filling* (Gambar 11). Pada model *ball-and-stick*, atom adalah bola kayu atau bola plastik yang berlubang. *Stick* atau pegas digunakan untuk melambungkan ikatan kimia. Sudut yang terbentuk antara atom mendekati sudut ikatan pada molekul sesungguhnya. Setiap atom dilambungkan dengan warna dan ukuran yang spesifik.

Pada model *space-filling*, atom dipresentasikan dengan bola terpotong yang disatukan sehingga ikatan tidak terlihat. Bola sebanding dengan ukuran atom. Langkah pertama membuat model molekul adalah menulis **rumus strukturnya** yang menunjukkan bagaimana atom terikat satu sama lain dalam sebuah molekul. Misalnya untuk molekul air, rumus strukturnya diilustrasikan bahwa dua atom H terikat pada atom O melalui ikatan kovalen. Oleh karena itu, rumus struktur air adalah H—O—H. Sebuah garis yang menghubungkan kedua simbol atom

melambungkan ikatan kovalen. Model *ball-and-stick* menunjukkan susunan atom pada molekul dalam bentuk tiga dimensi. Model *space-filling* lebih akurat dalam ukuran atom. Kelemahan model ini adalah memerlukan waktu untuk menyatukan atom dan model ini tidak menunjukkan posisi atom dalam tiga dimensi dengan sangat baik. Walaupun demikian, kedua model digunakan untuk mempelajari struktur suatu senyawa.



Gambar 11. Rumus Struktur dan Rumus Molekul Hidrogen Air, Amonia dan Metana

Dengan menggunakan model molekul kita lebih mudah memahami rumus molekul. Apakah makna *subscript* pada rumus molekul H_2O ? Pada H_2O , *subscript* H adalah 2, sedangkan *subscript* O adalah 1 (angka 1 tidak ditulis pada rumus senyawa). Apa arti *subscript* pada rumus senyawa air? Pada 1 molekul H_2O terikat 2 atom H dan 1 atom O. Sebutan “molekul” pada H_2O karena 2 atom H terikat melalui ikatan kovalen dengan 1 atom O pada

setiap molekul H₂O. Berapakah massa 1 molekul H₂O? Pada dua molekul H₂O berapa atom H dan berapa atom O? Apakah kaitan *subscript* dengan mol pada rumus molekul air (Tabel 1)? *Subscript* menunjukkan **jumlah** dan dapat dinyatakan sebagai **mol**.

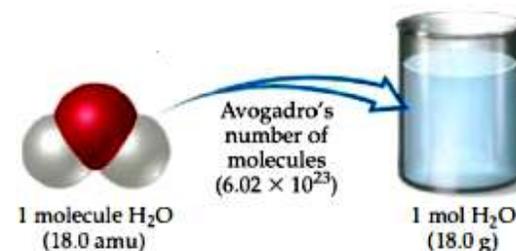
Tabel 1. Makna Rumus Molekul Air, H₂O

Simbol kimia	Artinya	Komposisi
Interprestasi jumlah pada skala molekul		
H ₂ O	1 molekul air 	2 atom H 1 atom O
2H ₂ O	2 molekul air 	4 atom H 2 atom O
4H ₂ O	4 molekul air 	8 atom H 4 atom O
Interprestasi jumlah pada skala mol		
H ₂ O	1 mol air = 6,02x10 ²³ molekul air (tidak mungkin digambarkan)	2 mol H 1 mol O
2H ₂ O	2 mol air 12,04 x 10 ²³ molekul air	4 mol H 2 mol O
Interprestasi massa pada skala molekul		
H ₂ O	Massa 1 molekul = 18 amu  (tidak mungkin ditimbang)	atom H =2 amu atom O=16 amu
	Massa 3 molekul =54 amu  (tidak mungkin ditimbang)	atom H = 6 amu atom O = 48amu

Simbol kimia	Artinya	Komposisi
Interprestasi massa pada skala mol		
H ₂ O	Massa 1 mol air = 18 g (dapat ditimbang) massa 2 mol air = 36 g (dapat ditimbang)	atom H = 2 g atom O = 16 g atom H = 4 g atom O = 32 g

*Angka di depan rumus senyawa biasanya ditulis pada persamaan reaksi

Dengan demikian, rumus molekul air, H₂O dapat ditafsirkan secara kuantitatif yaitu massa 1 molekul H₂O (massa 2 atom H + massa 1 atom O) adalah 18 amu dan massa 1 mol H₂O (massa 2 mol atom H + massa 1 mol atom O) adalah 18 g. Perhatikanlah bahwa keduanya mempunyai angka yang sama tetapi satuan massa yang berbeda (18 amu dan 18 g) Perbedaan massa yang luar biasa besar! (Gambar 12).



Gambar 12. Massa Air
(Brown *et al.*, 2012)

Rumus Empiris

Rumus molekul hidrogen peroksida, zat yang digunakan sebagai antiseptik dan sebagai zat pemutih untuk tekstil adalah H₂O₂. Formula ini menunjukkan bahwa setiap molekul peroksida terdiri dari 2 atom hidrogen dan 2 atom oksigen. Rasio atom hidrogen dengan atom oksigen dalam molekul ini adalah 2 : 2 atau 1: 1. Rumus empiris dari hidrogen peroksida adalah HO.

Dengan demikian, **rumus empiris memberi tahu kita atom-atom yang terikat dan rasio paling sederhana dari atom-atomnya**. Sebagai contoh lain, perhatikan senyawa *hydrazine* (N_2H_4), yang digunakan sebagai bahan bakar roket. Dengan demikian, rumus empiris *hydrazine* adalah NH_2 .

Rasio nitrogen terhadap hidrogen adalah 1:2 di kedua rumus molekul (N_2H_4) dan rumus empiris (NH_2). Dengan demikian, hanya rumus molekul *hydrazine* yang memberi tahu kita jumlah atom N (dua) dan atom H (empat) yang sebenarnya yang terikat pada 1 molekul *hydrazine*. Kebanyakan molekul, rumus molekul dan rumus empiris adalah satu dan sama, contoh air (H_2O), amonia (NH_3), karbon dioksida (CO_2).

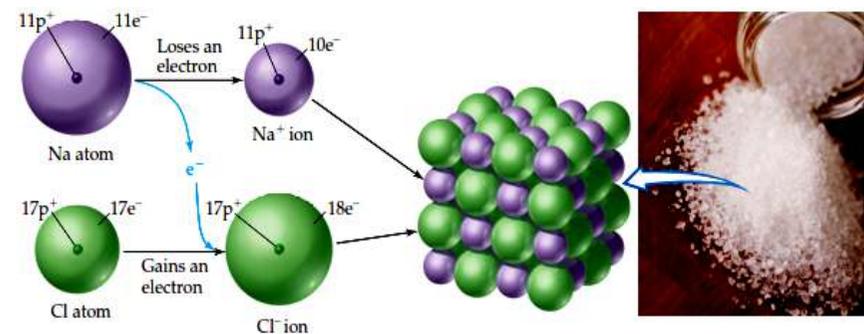
Rumus empiris adalah rumus kimia paling sederhana. Rumus ini ditulis dengan membagi *subscript* dalam rumus molekul ke bilangan bulat paling kecil. **Rumus molekul adalah rumus yang memberitahu kita jumlah dan jenis atom yang sesungguhnya terikat pada suatu molekul**. Jika kita mengetahui rumus molekul suatu senyawa, kita dapat menentukan rumus empirisnya, tetapi tidak sebaliknya. Apakah perbedaan rumus empiris dengan rumus molekul? Agar lebih mudah memahami perbedaan rumus empiris dan rumus molekul, perhatikanlah video pada <https://www.youtube.com/watch?v=wnRaBWvhYKY>.

Rumus empiris dan rumus molekul

Rumus Senyawa Ion

Senyawa ion yang berwujud padat akan membentuk kristal dengan partikel-partikel terkecilnya ion positif dan ion negatif. Partikel-partikel ini bersusun selang seling melalui ikatan ion yang kuat. Setiap ion positif dikelilingi oleh ion negatif dan begitu

pula sebaliknya. **Senyawa ion tidak terdiri dari satuan molekul terpisah**. Senyawa ion, misalnya natrium klorida ($NaCl$) terdiri dari sejumlah ion Na^+ dan ion Cl^- yang sama. Pada $NaCl$, rasio kation dan anion adalah 1:1 sehingga senyawa ini netral. Dengan demikian, **$NaCl$ adalah rumus empiris untuk natrium klorida**. Pembentukan senyawa ion $NaCl$ dimuat pada Gambar 13.



Gambar 13. Pembentukan Senyawa Ion $NaCl$
(Brown *et al.*, 2012:67)

Muatan listrik pada setiap satuan formula untuk senyawa ion adalah netral. Jumlah muatan kation dan anion pada setiap satuan formula (rumus) senyawa ion harus nol. Jika muatan kation dan anion berbeda, kita menggunakan aturan agar muatan listrik pada formula senyawa ion netral. *Subscript* kation adalah sama dengan muatan anion, sedangkan *subscript* anion adalah sama dengan muatan pada kation. Jika angka muatan sama seperti pada $NaCl$. Angka muatan pada $NaCl$ adalah satu yaitu Na^+ dan Cl^- . Oleh sebab itu, *subscript* Na dan Cl pada $NaCl$ adalah satu. *Subscript* satu tidak ditulis pada rumus senyawa. Dengan demikian, formula senyawa ion adalah rumus empiris, yang *subscript*nya harus rasio terkecil. Marilah kita perhatikan beberapa contoh senyawa ion.

Bagaimanakah kita menulis formula senyawa ion Potasium bromida? Kation Potasium, K^+ dan anion Br^- bergabung membentuk senyawa ion potasium bromida. Jumlah muatan adalah $+1 + (-1) = 0$. Dengan demikian, *subscript* adalah satu untuk K dan Br. *Subscript* angka 1 tidak ditulis. Oleh sebab itu, formula potasium bromida adalah KBr.

Bagaimanakah kita menulis formula Zinc Iodida? Kation Zinc adalah Zn^{2+} dan anion Iodin adalah I^- . Kation Zn^{2+} dan anion I^- bergabung membentuk Zinc Iodida. Jumlah muatan satu Zn^{2+} dan satu I^- adalah $+2 + (-1) = +1$. Untuk membuat muatan nol maka kita mengalikan muatan -1 anion dengan 2 dan menulis *subscript* 2 pada simbol Iodin. Oleh sebab itu, formula atau rumus Zinc Iodida adalah ZnI_2 .

Bagaimanakah kita menulis formula Aluminium Oksida? Kation Aluminium adalah Al^{3+} dan anion Oksigen adalah O^{2-} . Kation Al^{3+} dan anion O^{2-} bergabung membentuk Aluminium Oksida. Jumlah muatan satu Al^{3+} dan satu O^{2-} adalah $+3 + (-2) = +1$. Untuk membuat muatan nol maka kita mengalikan muatan $+3$ anion dengan 2 dan menulis *subscript* 2 pada simbol Aluminium, mengalikan muatan -2 dengan 3 dan menulis *subscript* 3 pada Oksigen. Dengan demikian, jumlah muatan adalah $2(+3) + 3(-2) = 0$. Oleh sebab itu, rumus Aluminium Oksida adalah Al_2O_3 .

Ion Na^+ dan ion Cl^- adalah contoh ion sederhana. Ion ini yang merupakan ion monoatomik. **Ion polyatomic** terdiri dari atom-atom yang bergabung membentuk molekul yang bermuatan positif atau bermuatan negatif. Contoh ion *polyatomic* adalah NH_4^+ (ion ammonium), SO_4^{2-} (ion sulfat), dan ion CN^- (ion sianida). Pada Tabel 2 dan Tabel 3 dimuat beberapa kation dan anion yang umum ditemui.

Tabel 2. Beberapa Kation yang Umum

Muatan	Formula	Nama	Formula	Nama
1+	H^+	Ion hidrogen	NH_4^+	Ion Ammonium
	Li^+	Ion litium		
	Na^+	Ion sodium		
	K^+	Ion potasium		
	Cs^+	Ion cesium		
2+	Mg^{2+}	Ion magnesium	Co^{2+}	Cobalt (II), Ion Cobal
	Ca^{2+}	Ion kalsium	Cu^{2+}	Copper (II)
	Sr^{2+}	Ion strontium	Fe^{2+}	Besi (II)
	Ba^{2+}	Ion barium	Mn^{2+}	Mangan (II)
	Cd^{2+}	Ion cadmium	Hg^{2+}	Mercury (II)
			Ni^{2+}	Nikel (II)
			Pb^{2+}	Timbal (II)
		Sn^{2+}	Timah (II), Ion Timah	
3+			Cr^{3+}	Chromium (III)
			Fe^{3+}	Besi (III), IonFerri

Tabel 3. Beberapa Anion yang Umum

Muatan	Formula	Nama	Formula	Nama
1-	H^-	Ion hidrida	CH_3COO^-	Ion asetat
	F^-	Ion florida	ClO_3^-	Ion klorat
	Cl^-	Ion chlorida	ClO_4^-	Ion perklorat
	I^-	Ion iodida	NO_3^-	Ion nitrat
	CN^-	Ion sianida	MnO_4^-	Ion permanganat
2-	OH^-	Ion hidroksida		
	O^{2-}	Ion oksida	CO_3^{2-}	Ion karbonat
	O_2^{2-}	Ion peroksida	CrO_4^{2-}	Ion kromat
	S^{2-}	Ion sulfida	$Cr_2O_7^{2-}$	Ion dikromat
			SO_4^{2-}	Ion sulfat
3-			SO_3^{2-}	Ion sulfit
			PO_4^{3-}	Ion phosphate
	N^{3-}	Ion nitrida		

Contoh Latihan ke-7

Magnesium bila direaksikan dengan nitrogen pada suhu 800°C akan terbentuk magnesium nitrida. Magnesium nitrida berwarna kuning kehijauan (Gambar 14). Tulislah formula magnesium nitrida. Senyawa ini mengandung ion Mg^{2+} dan ion N^{3-}

Konsep

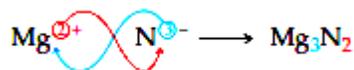
Penulisan formula senyawa ionik adalah muatan listrik nol. Total muatan kation harus sama dengan total muatan anion. Muatan ion Mg^{2+} dan N^{3-} tidak sama, formula tidak mungkin MgN .

Strategi Pemecahan

Agar muatan listrik netral maka

$$(+2)x + (-3)y = 0$$

Kita peroleh $x/y = 3/2$. Oleh sebab itu, $x=3$ dan $y=2$



Penguatan konsep

Subscript adalah bilangan bulat dan paling kecil. Bilangan ini menyatakan jumlah perbandingan ion paling sederhana karena formula senyawa ion adalah rumus empiris

Pertanyaan lanjutan

Tulislah formula senyawa ion :

a) chromium *sulphate* (mengandung ion Cr^{3+}



Gambar 14.
Magnesium
Nitrida

dan SO_4^{2-})
b) titanium oxide (mengandung ion Ti^{2+} dan O^{2-})

Dalam senyawa ion lainnya, struktur sebenarnya mungkin berbeda, tetapi pengaturan kation dan anion adalah sedemikian rupa sehingga senyawa netral. Muatan kation dan anion tidak ditunjukkan dalam formula senyawa ion. Agar senyawa ion menjadi netral secara listrik, jumlah muatan kation dan anion di setiap satuan formula harus nol. **Rumus senyawa ionik merupakan rumus paling sederhana yang dikenal dengan rumus empiris.** Oleh sebab itu, *subscript* pada senyawa ion harus selalu direduksi menjadi rasio terkecil.

Kita menggunakan istilah **massa formula (massa rumus) untuk senyawa ion** sebagai pengganti massa molekul untuk senyawa kovalen. Satuan formula NaCl terdiri dari 1 ion Na^+ dan 1 ion Cl^- . Dengan demikian, massa formula NaCl adalah massa satuan formula. **Apakah hubungan *subscript* dengan mol pada senyawa ion dan rumus molekul?** Marilah diperhatikan contoh Latihan ke-8, ke-9 dan ke-10.

Contoh Latihan ke-8

Garam dapur (NaCl) digunakan sebagai pemanis rasa pada makanan. Tanpa tambahan sedikit NaCl masakan hambar dan kurang disukai. NaCl adalah senyawa ion. Struktur kristal NaCl (Na^+ bola abu-abu dan Cl^- bola hijau) dimuat pada Gambar 15. Tentukanlah hubungan *subscript* pada formula NaCl dengan mol?

Konsep

NaCl adalah senyawa ion. Satuan formula NaCl

terikat 1 ion Na^+ dan 1 ion Cl^-

Massa satuan formula NaCl

$$= 1 \text{ ion } \text{Na}^+ + 1 \text{ ion } \text{Cl}^-$$

$$= 23 \text{ amu} + 35,5 \text{ amu} = 58,5 \text{ amu}$$

Massa 1 mol $\text{NaCl} = 1 \text{ mol } \text{Na}^+ + 1 \text{ mol } \text{Cl}^-$

$$= 23 \text{ g} + 35,5 \text{ g} = 58,5 \text{ g}$$

Strategi pemecahan

Pada NaCl , *subscript* Na adalah 1, *subscript* Cl adalah 1. Dengan kata lain, pada satuan formula NaCl , terdapat 1 ion Na^+ dan 1 ion Cl^- . Jika ion Na^+ 10, tentu ion Cl^- 10. Jika ion Na^+ 1 mol tentu ion Cl^- 1 mol, Jika ion Na^+ 20 mol tentu ion Cl^- 20 mol dan seterusnya.

Penguatan konsep

Rumus senyawa ion merupakan rumus empiris. Dengan demikian, *subscript* pada rumus formula (senyawa ion) menunjukkan perbandingan mol paling sederhana.

Pertanyaan lanjutan

Berapa mol Na^+ pada 1 mol NaCl ?

Berapa massa Na^+ pada 100 mol NaCl ?

Berapa mol Cl^- pada 58,5 g NaCl ?

Berapa massa Na^+ pada 1 mol NaCl ?

Berapa massa Cl^- pada 2 mol NaCl ?

Berapa massa Cl^- pada 58,5 g NaCl ?

Berapa mol Na^+ pada 58,5 g NaCl ?

Berapa massa Na^+ pada 10 mol NaCl ?

Berapa massa Cl^- pada 20 mol NaCl ?



Gambar 15.
 NaCl dan
Struktur
Kristalnya

Contoh Latihan ke-9

Metana (CH_4) merupakan komponen utama gas alam (Gambar 16). Gas ini terdapat pada tabung gas elpiji. Berapakah mol karbon terdapat pada 32 g metana ?

Konsep

CH_4 adalah rumus molekul

$$1 \text{ mol } \text{CH}_4 = 1 \text{ mol C} + 4 \text{ mol H}$$

$$= 12 \text{ g} + 4 \text{ g} = 16 \text{ g}$$

Strategi pemecahan

$$32 \text{ g } \text{CH}_4 \rightarrow ? \text{ mol } \text{CH}_4 \rightarrow ? \text{ mol C}$$

$$32 \text{ g } \text{CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol } \text{CH}_4}{16 \text{ g } \text{CH}_4} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol } \text{CH}_4} = 2 \text{ mol C}$$

Penguatan konsep

Subscript pada rumus molekul menunjukkan perbandingan mol. Selalu perhatikan dengan seksama *subscript* pada rumus molekul. Pada 1 mol CH_4 terdapat 1 mol C dan 4 mol H. Jika C 2 mol tentu H 8 mol, jika C 10 mol tentu H 40 mol.

Pertanyaan lanjutan

Berapa mol hidrogen pada 32 g metana?

Berapa g hidrogen pada 10 mol metana?

Berapa atom C pada 32 g metana?

Berapa gram karbon pada 8 g metana?

Berapa atom hidrogen pada 8 g metana?

Berapa mol hidrogen pada 8 g metana?

Berapa atom hidrogen pada 16 g metana?

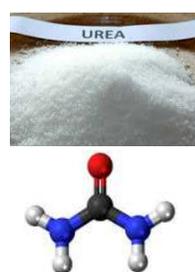


Gambar 16.
Gas Alam
Mengandung
terutama
Metana

Berapa mol karbon pada 4 g metana? Berapa mol C pada 1 molekul metana? Berapa atom H pada 1 molekul metana? Berapa atom C pada 2 molekul metana? Berapa persen massa C pada metana? Berapa persen massa H pada metana?	
---	--

Contoh Latihan ke-10

Urea digunakan sebagai pupuk, makanan binatang, bahan baku pembuatan polimer serta sebagai sumber nitrogen bagi *Acetobacter xylinum* pada pembuatan nata (Gambar 17). Perhatikanlah struktur molekulnya dengan seksama. Berapa jumlah atom hidrogen yang terdapat pada 43,8 g urea $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$. Massa molar urea adalah 60,06 g.



Gambar 17.
Urea,
 $[(\text{NH}_2)_2\text{CO}]$
dan Struktur
Molekulnya

Konsep

Perhatikan rumus struktur dan rumus senyawa urea. Satu molekul urea terikat 2 atom N, 4 atom H dan 1 atom O. Oleh sebab itu, pada 1 mol $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ terdapat 2 mol N, 4 mol H, 1 mol C dan 1 mol O.

Strategi pemecahan

43,8g urea \rightarrow ? mol urea \rightarrow ? mol H \rightarrow ? atom H

$$43,8 \text{ g urea} \times \frac{1 \text{ mol urea}}{60,06 \text{ g urea}} \times \frac{4 \text{ mol H}}{1 \text{ mol urea}} \times \frac{6,022 \times 10^{23} \text{ H}}{1 \text{ mol H}} \\ = 1,76 \times 10^{24} \text{ H}$$

Penguatan konsep

Apakah masuk akal jawaban ini?

Pertanyaan lanjutan

Berapa atom Hidrogen dalam 43,8 g urea?
Berapa gram Hidrogen dalam 43,8 g urea?
Berapa mol Hidrogen dalam 40 g urea?
Berapa atom Nitrogen dalam 43,8 g urea?
Berapa gram Nitrogen dalam 43,8 g urea?
Berapa mol Nitrogen dalam 40 g urea?
Berapa mol Oksigen dalam 40 g urea?
Berapa gram Oksigen dalam 80 g urea?
Berapa atom Oksigen pada 80 g urea?
Berapa gram Carbon pada 80 g urea?
Berapa mol Carbon pada 80 g urea?
Berapa atom Carbon pada 80 g urea?
Berapa mol atom C, atom H, atom O, atom N pada 1 mol urea ?

4. Persen Komposisi Unsur pada Senyawa

(Bagaimana hubungan komposisi unsur dengan rumus senyawanya?)

Seperti yang telah kita pelajari sebelumnya, bahwa rumus suatu senyawa menceritakan jumlah atom dari setiap unsur pada satuan dari senyawa. **Rumus senyawa** memberikan informasi jumlah atom masing-masing unsur dalam satu satuan senyawa. **Persen komposisi unsur** dalam suatu senyawa dapat membuktikan kemurnian dari senyawa tersebut. Kita bisa menghitung berapa persen dari total massa senyawa disumbangkan oleh masing-masing unsur dari rumus senyawa dan membandingkan hasilnya dengan komposisi persen yang diperoleh secara eksperimen. **Komposisi persen** suatu unsur pada suatu senyawa adalah persen massa dari setiap unsur pada senyawa tersebut. Komposisi persen diperoleh dengan membagi

massa setiap unsur dengan massa molar dari senyawa dan mengalikan dengan 100 persen. Komposisi unsur pada peroksida dan vitamin C dimuat pada Contoh Latihan ke-11 dan ke-12.

Contoh Latihan ke-11

Hidrogen peroksida (H_2O_2) merupakan cairan bening, agak lebih kental dibanding air (Gambar 18). H_2O_2 merupakan oksidator kuat, memiliki sifat antibakteri, anti-jamur. Tentukan berapa persen hidrogen, dan oksigen pada hidrogen peroksida ?

Konsep

Subscript pada rumus kimia menunjukkan mol. Perhatikan rumus peroksida dan struktur molekulnya.

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol } H_2O_2 &= 2 \text{ mol H} + 2 \text{ mol O} \\ &= 2(1,01) \text{ g H} + 2(16) \text{ g} \\ &= 2,02 \text{ g H} + 32 \text{ g O} = 34,02 \text{ g} \end{aligned}$$

Strategi pemecahan

Persentase O tentu massa Oksigen dibagi massa keseluruhan dan dijadikan persen (perseratus).

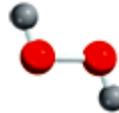
Begitu juga persentase H.

$$\frac{32 \text{ g oksigen}}{34,02 \text{ g } H_2O_2} \times 100\% = 94,0623 \%$$

$$\frac{2,02 \text{ g oksigen}}{34,02 \text{ g } H_2O_2} \times 100\% = 5,9377 \%$$

Penguatan konsep

Jika kita menggunakan rumus empiris HO, kita



Gambar 18. Hidrogen Peroksida, (H_2O_2) dan Struktur Molekulnya

memperoleh angka persentase komposisi massa yang sama. Hal ini karena rumus molekul dan rumus empiris menggambarkan persen komposisi massa unsur. Dengan demikian, persen komposisi unsur pada suatu senyawa dapat menentukan rumus empiris.

Pertanyaan lanjutan

Asam cuka (CH_3COOH) sering ditambahkan pada miso dan soto untuk menambah cita rasa. Tentukan komposisi dalam persen massa karbon, hidrogen dan oksigen pada asam cuka.

Contoh Latihan ke-12

Vitamin C (asam askorbat) dapat digunakan untuk pengobatan sariawan. Struktur molekul vitamin C dimuat pada Gambar 19. Komposisi vitamin C adalah 40,92% C, 4,58% H, dan 54,50% O. Tentukanlah rumus empirisnya.

Konsep

Subscript pada rumus kimia menunjukkan perbandingan mol. *Subscript* adalah bilangan bulat dan sederhana.

Strategi pemecahan

persen massa pada data diubah ke mol rumus empirisnya $C_xH_yO_z$



Gambar 19. Vitamin C ($C_6H_8O_6$) dan Struktur Molekulnya

$$x = 40,92 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12,01 \text{ g C}} = 3,407$$

$$y = 4,58 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1,008 \text{ g H}} = 4,540$$

$$z = 54,50 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16 \text{ g O}} = 3,406$$

$$x:y:z = 3,407 : 4,540 : 3,406 = 1 : 1,33 : 1 \\ = 3 : 4 : 3$$

Dengan demikian, rumus empiris vitamin C adalah $C_3H_4O_3$

Penguatan konsep

Apakah *subscript* telah bilangan bulat dan paling sederhana?

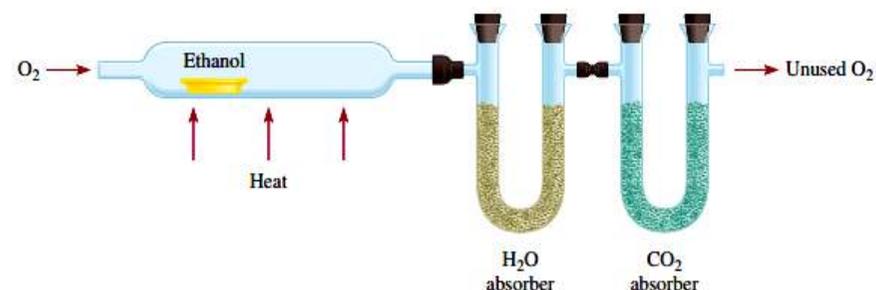
Pertanyaan lanjutan

Tentukanlah rumus empiris dari komposisi senyawa dengan massa K 24,75%, Mn 34,77% dan O 40,51%.

Pada kenyataannya kita dapat menghitung rumus empiris suatu senyawa jika kita mengetahui persen komposisinya yang diperoleh secara eksperimen. Langkah-langkah menentukan rumus empiris adalah menentukan massa setiap unsur yang terdapat pada suatu senyawa, kemudian merubah angka tersebut ke mol dari setiap unsur pada senyawa tersebut.

Bagaimana para ahli menentukan rumus empiris etanol menggunakan alat seperti pada Gambar 20? Ketika etanol dibakar dalam alat tersebut, CO_2 dan H_2O hasil pembakaran diserap oleh

absorben pada pipa U. Kenaikan massa pipa U adalah massa CO_2 dan H_2O yang dihasilkan akibat pembakaran etanol.



Gambar 20. Alat Menentukan Rumus Empiris Etanol
(Chang *et al.*, 2011:73)

Suatu eksperimen pembakaran 11,5 g etanol menghasilkan 22 g CO_2 dan 13,5 gram H_2O . Kita dapat menghitung massa karbon dan hidrogen yang berasal dari 11,5 g sampel sebagai berikut;

$$\text{mass of C} = 22,0 \text{ g } \cancel{CO_2} \times \frac{1 \text{ mol } \cancel{CO_2}}{44,01 \text{ g } \cancel{CO_2}} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol } \cancel{CO_2}} \times \frac{12,01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} \\ = 6,00 \text{ g C}$$

$$\text{mass of H} = 13,5 \text{ g } \cancel{H_2O} \times \frac{1 \text{ mol } \cancel{H_2O}}{18,02 \text{ g } \cancel{H_2O}} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol } \cancel{H_2O}} \times \frac{1,008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} \\ = 1,51 \text{ g H}$$

Dengan demikian 11,5 g etanol mengandung 6,00 g C dan 1,51 H, tentu, massa oksigen = massa sampel - (massa C + massa H)
 $= 11,5 \text{ g} - (6,00 \text{ g} + 1,51 \text{ g}) = 4,06$

Jumlah mol C, H, dan O adalah sebagai berikut

$$\text{moles of C} = 6.00 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} = 0.500 \text{ mol C}$$

$$\text{moles of H} = 1.51 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.008 \text{ g H}} = 1.50 \text{ mol H}$$

$$\text{moles of O} = 4.0 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 0.25 \text{ mol O}$$

Subscript pada rumus kimia harus bilangan bulat dan sederhana. Oleh sebab itu, angka mol di atas dibagi dengan angka terkecil yaitu 0,25. Oleh sebab itu, rumus empiris etanol adalah $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. Kata “**empiris**” pada rumus empiris dapat diartikan berdasarkan “**observasi dan pengukuran**”. Dengan demikian, rumus empiris ditentukan dari analisis komposisi unsur penyusun senyawa secara eksperimen.

Bagaimana menentukan rumus molekul? Data persen komposisi massa selalu menghasilkan rumus empiris karena *subscript* pada rumus empiris selalu bilangan terkecil dan bulat. Untuk menentukan rumus molekul kita harus mengetahui massa molar perkiraan dari senyawa tersebut di samping rumus empirisnya. Kita dapat menggunakan massa molar untuk menemukan rumus molekul seperti contoh berikut.

Contoh Latihan ke-13

Suatu sampel senyawa mengandung 1,52 g Nitrogen (N) dan 3,47 g Oksigen (O). Massa molar senyawa ini antara 90 g dan 95 g. Tentukanlah rumus molekul senyawa tersebut.

Konsep

Untuk menentukan rumus molekul kita harus menentukan rumus empiris terlebih dahulu. *Subscript* menunjukkan mol pada rumus empiris dan rumus molekul

Strategi pemecahan

$$\text{mol N} = 1,52 \text{ g N} \times \frac{1 \text{ mol N}}{14 \text{ g N}} = 0,108 \text{ mol N}$$

$$\text{mol O} = 3,47 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16 \text{ g O}} = 0,217 \text{ mol O}$$

Subscript pada formula $\text{N}_{0,108}\text{O}_{0,217}$ dijadikan bilangan bulat dan sederhana dengan cara membagi *subscript* dengan 0,108. Rumus empiris yang diperoleh adalah NO_2

Massa molar empiris adalah $14,01 \text{ g} + 2(16,00 \text{ g}) = 46,01 \text{ g}$

Perbandingan massa molar dengan massa molar empiris adalah

$$\frac{\text{massa molar}}{\text{massa molar empiris}} = \frac{90 \text{ g}}{46,01 \text{ g}} \sim 2$$

Dengan demikian, massa molarnya 2 kali massa molar empirisnya. Ini berarti ada 2 unit NO_2 . Oleh sebab itu, rumus molekulnya adalah N_2O_4 . Massa molar sesungguhnya adalah 2 kali massa molar empiris yaitu $2 \times 46,01 \text{ g} = 92,02 \text{ g}$. Angka ini terletak antara 90 g dan 95 g.

Penguatan konsep

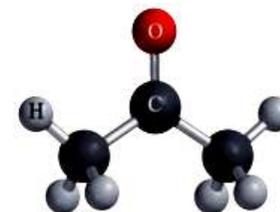
Massa molar adalah perkalian bilangan bulat dari massa molar empiris. Oleh sebab itu, perbandingan massa molar dengan massa molar empiris selalu bilangan bulat.

Rangkuman

- **Massa atom** adalah massa dari atom dalam satuan “atomic mass unit” (amu). **Satu amu** didefinisikan sebagai massa dari seperduabelas massa satu atom Carbon-12.
- **Definisi SI mol** merujuk ke sejumlah atom yang terdapat tepat pada 12 g isotop Carbon-12. Angka yang baru-baru ini diterima adalah $6,0221415 \times 10^{23}$, dibulatkan menjadi $6,022 \times 10^{23}$.
- Kita dapat menentukan hubungan g dan amu ($1 \text{ g} = 6,022 \times 10^{23} \text{ amu}$) berdasarkan data massa molar Carbon-12 adalah 12 g dan terdapat $6,022 \times 10^{23}$ atom Carbon-12
- **Rumus empiris** adalah rumus yang menunjukkan jumlah dan tipe atom dalam senyawa dengan perbandingan terkecil dan bilangan bulat.
- **Rumus molekul** adalah rumus yang menunjukkan jumlah dan jenis atom sesungguhnya pada molekul.
- **Massa molekul** adalah jumlah massa atom pada molekul tersebut. **Massa molar** molekul merupakan massa 1 mol molekul tersebut. Massa molar adalah massa 1 mol zat.
- **Rumus senyawa ionik** merupakan rumus paling sederhana yang dikenal dengan rumus empiris. Oleh sebab itu, untuk senyawa ion dikenal istilah formula bukan rumus molekul.

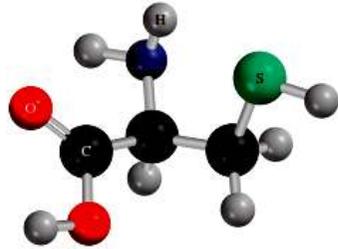
Tugas Mandiri

1. Buatlah model molekul (*ball- and-stick*) metana, air, vitamin C, kafein dari petrisin. Perhatikan dengan seksama setiap model atomnya, kemudian tuliskan rumus strukturnya, selanjutnya tuliskan rumus molekulnya
2. Aseton sering digunakan sebagai pelarut kutek (cat kuku). Berapa molekul aseton pada 0,435 g aseton. Tentukan juga jumlah atom C, atom O serta atom H. Tuliskan rumus molekul aseton.

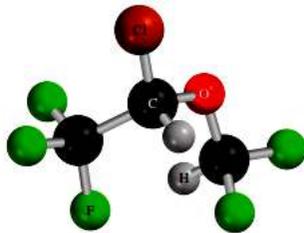


3. Tentukanlah massa 200 atom Cu dan tentukan pula massa $6,02 \times 10^{23}$ atom Cu.
4. Jelaskanlah perbedaan utama antara rumus empiris, rumus molekul dan formula!
5. Apa makna *subscript* pada formula dan rumus molekul suatu senyawa? Jelaskan makna tersebut dengan contoh
6. Urea digunakan sebagai pupuk.
 - a. Tuliskan rumus molekul urea
 - b. Hitunglah jumlah atom N, C, O dan H pada $1,68 \times 10^4$ g urea!
7. Massa jenis air adalah 1,00g/mL pada 4°C.
 - a. Apakah arti dari 1,00g/mL?
 - b. Berapa jumlah molekul air pada 2,56 mL air?
 - c. Berapa jumlah molekul air pada 1 gram air?
 - d. Berapa jumlah atom H, atom O pada 1 g air?

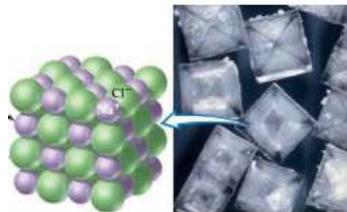
8. *Cysteine* adalah salah satu asam amino yang ditemukan pada protein rambut manusia. Tulis rumus molekul dan hitung komposisi massa dalam persen atom penyusunnya. Struktur molekul *cysteine* adalah sebagai berikut



9. Soflurane adalah *inhalation anesthetic* yang umum. Tulislah rumus molekul dan hitunglah persen komposisi massa atom penyusunnya!



10. Garam dapur merupakan senyawa yang sangat kita kenal. Apakah kegunaan garam dapur? Struktur garam dapur dimodelkan seperti gambar di bawah ini. Jelaskan struktur tersebut dan tulislah rumusnya (formulanya)? Mengapa untuk garam dapur tidak disebut sebagai rumus molekul, tetapi formula ?



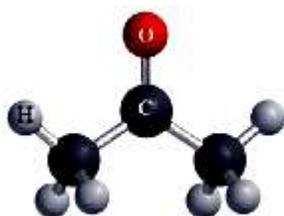
Tes Formatif

Essay

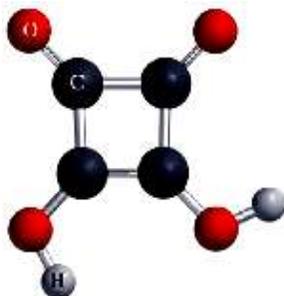
- Seberapa besar bilangan Avogadro? Jika anda dapat menghitung 10 biji kacang hijau setiap 1 detik, hitunglah,
 - Berapa lama yang anda butuhkan untuk menghitung 100 buah biji kacang hijau?
 - Berapa jam menghitung 1.000.000 biji kacang hijau?
 - Berapa tahun menghitung $6,02 \times 10^{23}$ buah biji kacang hijau?
 - Cukupkan umur anda untuk menghitung jawaban c
 - Massa atom dua isotop stabil boron, B-10 (19,78%) dan B-11 (80,22%) berturut-turut adalah 10,0129 amu dan 11,0093 amu. Hitunglah massa rata-rata atom Boron
- Hitunglah massa 2 atom Boron dari jawaban soal 1e
 - Hitunglah massa 200 atom Boron
 - Hitunglah massa 1000 atom Boron
 - Hitunglah massa $6,022 \times 10^{23}$ atom Boron
 - Hitunglah massa 1 mol Boron
 - Bandingkan angka yang anda peroleh pada jawaban no.1e dengan 2e?
- Suatu sampel mengandung 6,444g boron (B) dan 1,803 g hidrogen (H). Massa molar senyawa ini adalah 30 g. Tentukan rumus molekulnya.
- Tentukan massa molekul senyawa yang mengandung hanya karbon dan hidrogen jika pembakaran 1,05 senyawa ini menghasilkan 3,3 g CO_2 dan 1,35 g H_2O . Massa molarnya adalah 70 g (Jawab C_5H_{10}).
- Tentukan kadar Oksigen dalam vitamin C. Struktur Vitamin C dimuat pada Gambar 17.
- Siapa yang tidak kenal cuka? Cuka disebut juga asam asetat. Dalam kehidupan sehari-hari cuka digunakan untuk apa?

Tulislah rumus struktur, rumus molekul dan rumus empiris asam asetat. Gambarkan model molekul asam asetat.

7. Suatu sampel dari polutan udara ditemukan mengandung 2,34 g N dan 5,34 g O. Tentukan rumus empiris senyawa tersebut?
8. Tentukanlah kadar nitrogen pada N_2O , NO , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4 dan N_2O_5 . Pada senyawa manakah kadar nitrogen paling tinggi?
9. Kenalkan anda dengan aseton. Aseton dapat digunakan sebagai pelarut cat kuku (kutek). Struktur molekul aseton seperti di bawah ini. Berapa molekul aseton dalam 0,435 g aseton. Tentukanlah jumlah atom C, atom dan atom O dalam 0,435 g aseton



10. Hitunglah jumlah atom C, H dan O dalam 1,75 g squaric acid, yang struktur molekulnya seperti di bawah ini.



Pilihan Ganda

Indikator

Dapat menentukan massa atom rata-rata dari data spektroskopi massa

1. Massa atom dua isotop stabil boron, B-10 (19,78%) dan B-11 (80,22%) berturut-turut adalah 10,0129 amu dan 11,0093 amu. Hitunglah massa rata-rata atom Boron

A. 10,81	D. 11,00
B. 10,50	E. 11,50
C. 10,00	
2. Massa atom dari dua isotop stabil adalah Cu-63 (69,09 %) dan Cu-65 (30,91%) berturut-turut adalah 62,93 amu dan 64,9278 amu. Hitung massa rata-rata atom Cu. Berapakah massa atom relatifnya?

A. 63,00	D. 63,54
B. 64,00	E. 64,50
C. 64,53	
3. Berdasarkan analisa spektrometer massa, kelimpahan relatif berbagai isotop Silikon di alam adalah 92,23% Si-28, 4,67% Si-29, 3,10 % Si-30. Hitunglah massa atom relatif (A_r) silikon berdasarkan data tersebut.

A. 29,00	D. 28,93
B. 28,53	E. 27,53
C. 28,11	
4. Hitunglah massa atom relatif (A_r) dari unsur Oksigen jika di alam terdapat 3 isotop dengan kelimpahan 99,76% O-16, 0,04% O-17, 0,2% O-18.

A. 17	D. 15,5
-------	---------

- B. 16
C. 15

E. 17,5

Indikator

Dapat menentukan hubungan mol unsur dan senyawa dengan massa atom atau senyawa

5. Massa atom relatif Oksigen (A_r O) adalah 16 . Tentukanlah massa 1 atom Oksigen

- A. 6.02×10^{-23} gram
B. 6.02×10^{23} gram
C. 6.02×10^{-24} gram
D. $2,657 \times 10^{23}$ gram
E. **$2,657 \times 10^{-23}$ gram**

6. Massa atom relatif Oksigen (A_r O) adalah 16 . Tentukanlah massa 1 mol atom Oksigen

- A. **16 gram**
B. 8 gram
C. 4 gram
D. 2 gram
E. 1 gram

7. Berapakah massa 100 atom Cu (A_r Cu 63,5)

- A. $1,05482 \times 10^{20}$
B. **$1,05482 \times 10^{-20}$**
C. $1,05482 \times 10^{-21}$
D. $1,05482 \times 10^{21}$
E. $1,05482 \times 10^{22}$

8. Hitunglah jumlah atom O dalam 245 gram H_3PO_4

- A. **6.02×10^{24}**
B. 6.02×10^{-24}
C. $4,52 \times 10^{23}$
D. $4,52 \times 10^{24}$
E. $4,52 \times 10^{-24}$

Indikator

Dapat menentukan hubungan massa dengan mol suatu unsur dan senyawa

9. Sel mengandung air sampai 80%. Tentukan massa 0,5 mol air

- A. **9 gram**
B. 18 gram
C. 36 gram
D. 2 gram
E. 16 gram

10. Berapa mol Cl^- pada 58,5 g NaCl

- A. 58.5 mol
B. 35,5 mol
C. **1 mol**
D. 23 mol
E. 2 mol

11. Berapa mol atom yang terdapat dalam 7.8 gram kalium?

- A. 0,1 mol
B. 1 mol
C. 20 mol
D. 7,8 mol
E. **0,2 mol**

12. Dalam 245 gram H_3PO_4 , hitunglah jumlah atom P dalam senyawa tersebut.

- A. 15.05×10^{-23}
B. 6.02×10^{23}
C. **15.05×10^{23}**
D. 6.02×10^{-23}
E. 12.04×10^{23}

Indikator

Dapat menentukan hubungan subscript dan mol pada rumus senyawa

13. Suatu sampel senyawa mengandung 1,52 g Nitrogen (N) dan 3,47 g Oksigen (O). Massa molar senyawa ini antara 90 g dan 95 g. Tentukanlah rumus molekul senyawa tersebut.

- A. NO_2
D. **N_3O_6**

BAB III

Persamaan Reaksi

Capaian Pembelajaran

Mamahami makna persamaan reaksi

Subcapaian pembelajaran

1. Dapat menyetarakan persamaan reaksi
2. Dapat menentukan hubungan koefisien reaksi dengan mol pada persamaan reaksi
3. Dapat menerapkan konsep pereaksi pembatas pada suatu reaksi
4. Dapat menentukan persentase hasil suatu reaksi

Pokok-pokok materi

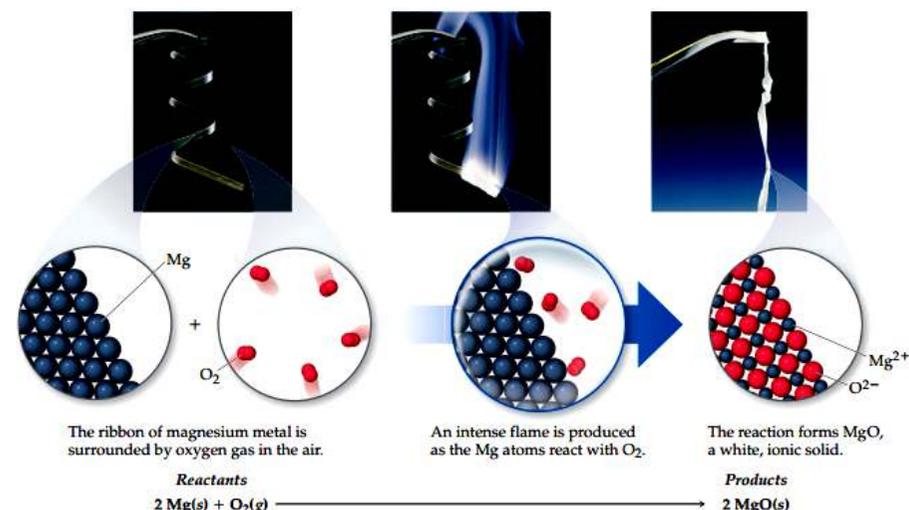
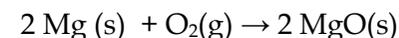
1. Reaksi kimia dan persamaan reaksi
2. Perhitungan jumlah reaktan dan produk (Makna koefisien reaksi pada persamaan reaksi)
3. Pereaksi pembatas
4. Hasil teoritis, hasil sesungguhnya dan persen hasil

1. Reaksi Kimia dan Persamaan Reaksi

Kita telah mendiskusikan massa atom dan massa molekul serta rumus kimia. Apa yang terjadi jika atom dan molekul tersebut bereaksi, proses dimana satu senyawa atau lebih diubah ke satu atau lebih senyawa baru. Proses ini disebut dengan

reaksi kimia atau reaksi. Reaksi kimia terjadi di dalam tubuhmu, dan di lingkungan mu setiap saat. Reaksi kimia dinyatakan sebagai persamaan reaksi. **Persamaan reaksi** dikenal juga sebagai **persamaan kimia**. Persamaan reaksi menggunakan rumus kimia. Dengan demikian, pada persamaan reaksi digunakan simbol kimia untuk memperlihatkan apa yang terjadi selama reaksi. Pada bagian ini kita akan belajar cara menulis persamaan reaksi dan menyetarakannya serta menafsirkannya.

Pada buku ajar ini kita mempelajari tiga tipe reaksi yang sering ditemui yaitu **reaksi kombinasi**, **reaksi dekomposisi** (penguraian) dan **reaksi pembakaran**. Pada reaksi kombinasi, dua atau lebih zat bereaksi untuk membentuk satu produk. Sebagai contoh adalah pembakaran logam magnesium di udara menghasilkan magnesium oksida (Gambar 21).



Gambar 21. Contoh Reaksi Kombinasi, Mg Terbakar (Brown *et al.*, 2012:82)

Reaksi ini digunakan untuk menghasilkan nyala terang yang dihasilkan oleh beberapa kembang api. Reaksi kombinasi antara logam dan non logam menghasilkan padatan ion. Ketika Magnesium bereaksi dengan Oksigen, Magnesium kehilangan elektron dan membentuk ion Mg^{2+} . Oksigen memperoleh elektron dan membentuk ion O^{2-} . Kedua ion ini berinteraksi membentuk Magnesium Oksida, MgO (Gambar 21). Reaksi yang termasuk kombinasi ketika reaktan berinteraksi adalah reaksi logam dan non logam.

Pada **reaksi dekomposisi** satu senyawa terurai menghasilkan dua atau lebih senyawa lain. Sebagai contoh kebanyakan logam karbonat jika dipanaskan terurai membentuk logam oksida dan karbon dioksida. Penguraian $CaCO_3$ adalah penting untuk proses komersial. CaO yang dihasilkan dikenal sebagai batu kapur yang merupakan material bernilai ekonomi.



Reaksi penguraian lainnya adalah penguraian sodium azide (NaN_3) yang dengan cepat menghasilkan gas N_2 . Oleh sebab itu, reaksi ini digunakan sebagai “kantong penyelamat berudara” pada mobil (Gambar 22). Sejumlah kecil NaN_3 (sekitar 100 g) dapat membentuk sejumlah besar gas N_2 (sekitar 50 L).



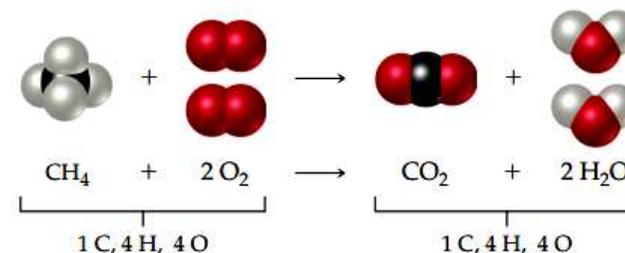
Reaksi pembakaran adalah reaksi yang cepat menghasilkan nyala. Kebanyakan reaksi pembakaran kita amati melibatkan O_2 dari udara sebagai reaktan. Reaksi pembakaran yang umum terjadi adalah pembakaran gas CH_4 (komponen utama gas alam). Hidrokarbon ini terbakar (bereaksi dengan O_2) di udara

membentuk CO_2 dan H_2O . Jumlah molekul O_2 yang dibutuhkan tergantung dari jumlah hidrokarbon, sedangkan jumlah molekul CO_2 , dan H_2O yang terbentuk tergantung dari komposisi dari hidrokarbon.



Gambar 22. Kantong Udara pada Mobil (Brown *et al*, 2012:85)

Reaksi pembakaran metana (CH_4) menghasilkan CO_2 dan uap air. Persamaan reaksi pembakaran metana dimuat pada Gambar 23. Atom H di kiri 4, agar di kanan juga 4 maka koefisien reaksi 2 ditulis di depan H_2O . Jumlah atom O di kanan tanda panah 4 agar sama di kiri dan kanan tanda panah ditulis koefisien reaksi 2 di depan O_2 . Koefisien 1 (tidak ditulis) untuk CH_4 dan CO_2 . Koefisien reaksi merupakan bilangan bulat yang paling sederhana.



Gambar 23. Persamaan Reaksi Pembakaran Metana (CH_4) (Brown *et al.*, 2012:80)

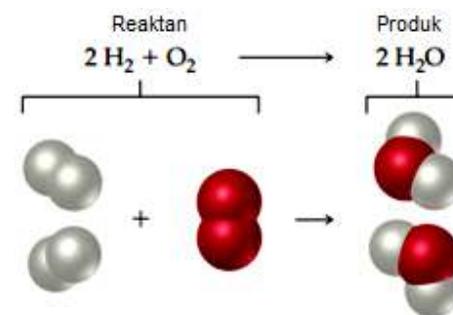
Persamaan reaksi yang telah “setara” pada pembakaran metana, jumlah atom C, atom H dan atom O di kiri dan di kanan tanda panah sama. Perhatikanlah model molekul pada Gambar 23 dengan seksama. Persamaan reaksi setara ini dapat dibaca “1 molekul CH₄ bereaksi dengan 2 molekul O₂ menghasilkan 1 molekul CO₂ dan 2 molekul H₂O”. Dengan demikian dapat juga dikatakan bahwa “2 molekul CH₄ bereaksi dengan 4 molekul O₂ menghasilkan 2 molekul CO₂ dan 4 molekul H₂O”.

Marilah kita perhatikan reaksi kedua, yaitu pembentukan air. Jika hidrogen dibakar akan terbentuk air. Reaksi ini terjadi pada mobil berbahan bakar hidrogen yang sangat diminati oleh negara maju. Bagaimana kita membaca simbol-simbol pada persamaan reaksi? Tanda plus pada persamaan reaksi berarti “bereaksi dengan” tanda panah berarti “menghasilkan”. Dengan demikian simbol dapat dibaca sebagai berikut “molekul hidrogen bereaksi dengan molekul oksigen menghasilkan air”. Reaksi ini berlangsung dari kiri ke kanan.

Rumus kimia zat di kiri tanda panah disebut **reaktan**, sedangkan di kanan tanda panah dinamakan **produk**. Angka di depan rumus kimia pada persamaan reaksi dinamakan **koefisien reaksi** yang menunjukkan jumlah relatif molekul yang terlibat dalam reaksi (koefisien reaksi 1 tidak ditulis). Dengan demikian, persamaan reaksi pada Gambar 24 dapat dibaca “2 molekul H₂ bereaksi dengan 1 molekul O₂ menghasilkan 2 molekul H₂O”. Dengan demikian, 4 molekul H₂ bereaksi dengan 2 molekul O₂ menghasilkan 4 molekul H₂O.

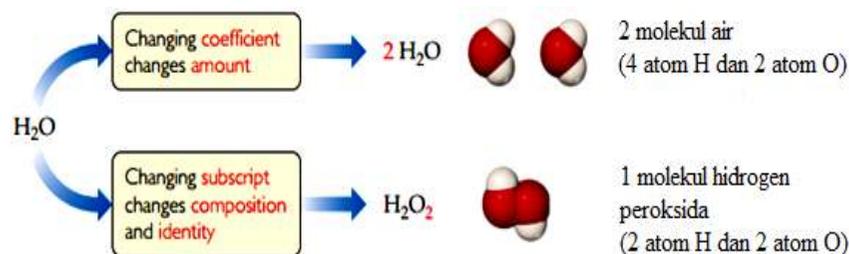
Pada reaksi kimia biasa (disebut reaksi kimia) tidak ada atom dihancurkan tetapi ikatan antara atom diputuskan dan atom bergabung dengan atom lain membentuk gabungan atom-atom baru yang dinamakan produk. Dengan kata lain, pada reaksi kimia tidak ada atom yang berubah atau hilang, yang terjadi

adalah pemutusan ikatan dan pembentukan ikatan baru. Pada persamaan reaksi, jenis atom dan jumlah atom pada kiri tanda panah dan di kanan tanda panah adalah sama (Gambar 21). Pada Gambar 24 jumlah atom Oksigen 2 di kiri dan di kanan tanda panah, jumlah atom hidrogen 4 di kiri dan di kanan tanda panah. Dengan demikian, 2H₂O mengandung 4 atom H dan 2 atom O. Jumlah atom diperoleh dari perkalian masing-masing *subscript* di dalam rumus kimia dengan koefisien reaksi yang ditulis di depan rumus kimia pada persamaan reaksi.



Gambar 24. Persamaan Reaksi Pembakaran Gas Hidrogen

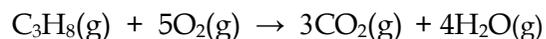
Pada penyetaraan persamaan reaksi harus dipahami dengan baik perbedaan koefisien reaksi dengan *subscript*. Perubahan *subscript* akan merubah zat, seperti perubahan *subscript* pada rumus H₂O ke H₂O₂. Oleh sebab itu, tidak boleh merubah *subscript* ketika menyetarakan persamaan reaksi. Merubah koefisien reaksi di depan rumus kimia berarti merubah jumlah senyawa. Dengan demikian, 2H₂O pada persamaan reaksi Gambar 24 dapat diartikan 2 molekul H₂O. Perbedaan *subscript* dan koefisien dimuat pada Gambar 25. Apakah makna koefisien reaksi dan *subscript*? Koefisien reaksi ditulis dan disetarakan pada persamaan reaksi, sedangkan *subscript* terdapat pada rumus senyawa atau unsur. Merubah *subscript* berarti merubah rumus senyawa.



Gambar 25. Makna Koefisien dan *Subscript*

2. Perhitungan Jumlah Reaktan dan Produk (Makna koefisien reaksi pada persamaan reaksi)

Bagaimana kita menafsirkan persamaan reaksi yang telah setara? Kita sebenarnya memaknai koefisien reaksi pada persamaan reaksi setara dan *subscript* pada rumus kimia. Perhatikan reaksi pembakaran etana (C_3H_8) menghasilkan CO_2 dan H_2O .



Persamaan reaksi tersebut dapat kita maknai dari segi molekul, jumlah dalam mol, massa dalam satuan amu dan massa dalam satuan gram. Setiap makna tersebut dapat dijadikan faktor konversi untuk merubah suatu satuan ke satuan lain.

Persamaan reaksi yang setara mengandung informasi kuantitatif yang berhubungan dengan jumlah zat yang terlibat dalam reaksi. Persamaan reaksi setara menceritakan jumlah mol zat yang terlibat pada reaksi tersebut. Oleh sebab itu, jika anda mengetahui jumlah mol satu senyawa pada reaktan maka anda dapat menghitung jumlah produk yang dihasilkan atau sebaliknya. Jumlah zat tersebut dinyatakan dalam mol dan tentu mol dapat diubah ke satuan amu, gram, kg atau ton atau

sebaliknya. Perhitungan yang melibatkan reaktan dan produk pada persamaan reaksi adalah hal yang penting dalam kimia.

Bagaimanakah perbandingan mol zat-zat yang terlibat pada persamaan reaksi setara? **Pada persamaan reaksi setara, jumlah mol satu senyawa adalah ekuivalen (setara, sebanding) dengan jumlah mol dari senyawa lainnya pada persamaan reaksi tersebut.** Sebagai contoh pembakaran etana, bahan bakar hidrokarbon yang digunakan untuk memasak dan memanaskan air. Jika kita melihat persamaan reaksi pembakaran etana yang koefisien reaksinya telah setara secara kuantitatif pada C_3H_8 , maka

- 1 mol C_3H_8 bereaksi dengan dengan 5 mol O_2
- 1 mol C_3H_8 menghasilkan 3 mol CO_2
- 1 mol C_3H_8 menghasilkan 4 mol H_2O

Oleh sebab itu pada reaksi ini, 1 mol C_3H_8 setara secara stoikiometri dengan 5 mol O_2 atau kita sebut saja,

- 1 mol C_3H_8 setara dengan 5 mol O_2
- 1 mol C_3H_8 setara dengan 3 mol CO_2
- 1 mol C_3H_8 setara dengan 4 mol H_2O

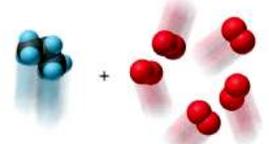
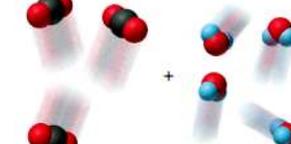
Hal yang sama dapat pula kita nyatakan bahwa,

- 3 mol CO_2 setara dengan 4 mol H_2O
- 5 mol O_2 setara dengan 3 mol CO_2
- 5 mol O_2 setara dengan 4 mol H_2O

Pada Tabel 4 dimuat informasi kuantitatif persamaan reaksi pembakaran propana (C_3H_8). Persamaan reaksi tersebut telah setara. Di sini dapat kita lihat bagaimana pernyataan “ekuivalen

secara stoikiometri” atau dinamakan juga “setara” dengan lambang ~ dapat digunakan sebagai faktor konversi. Misalnya, pada pembakaran propana, berapa mol O₂ dihabiskan jika dihasilkan 10 mol H₂O? Untuk menjawab pertanyaan ini, kita harus menemukan perbandingan mol antara O₂ dan H₂O. Dari persamaan reaksi pembakaran etana yang telah setara (Tabel 4), kita melihat bahwa setiap 5 mol O₂ dihabiskan, 4 mol H₂O terbentuk.

Tabel 4. Persamaan Reaksi Setara pada Pembakaran Propana

Viewed in Terms of	Reactants C ₃ H ₈ (g) + 5O ₂ (g)	→	Products 3CO ₂ (g) + 4H ₂ O(g)
Molecules	1 molecule C ₃ H ₈ + 5 molecules O ₂	→	3 molecules CO ₂ + 4 molecules H ₂ O
		→	
Amount (mol)	1 mol C ₃ H ₈ + 5 mol O ₂	→	3 mol CO ₂ + 4 mol H ₂ O
Mass (amu)	44.09 amu C ₃ H ₈ + 160.00 amu O ₂	→	132.03 amu CO ₂ + 72.06 amu H ₂ O
Mass (g)	44.09 g C ₃ H ₈ + 160.00 g O ₂	→	132.03 g CO ₂ + 72.06 g H ₂ O
Total mass (g)	204.09 g	→	204.09 g

(Silberberg, 2010:90)

Dengan demikian,

5 mol O₂ setara dengan 4 mol H₂O

5 mol O₂ ~ 4 mol H₂O

Pernyataan ini dapat dibuat 2 faktor konversi yaitu

$$\frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol H}_2\text{O}} \quad \text{or} \quad \frac{4 \text{ mol H}_2\text{O}}{5 \text{ mol O}_2}$$

Karena kita ingin menemukan mol O₂ dari 10 mol H₂O (10 mol H₂O → ? mol O₂) maka kita memilih faktor konversi yang kedua agar “mol H₂O” dapat dicoret.

$$\text{Moles of O}_2 \text{ consumed} = 10.0 \text{ mol H}_2\text{O} \times \frac{5 \text{ mol O}_2}{4 \text{ mol H}_2\text{O}} = 12.5 \text{ mol O}_2$$

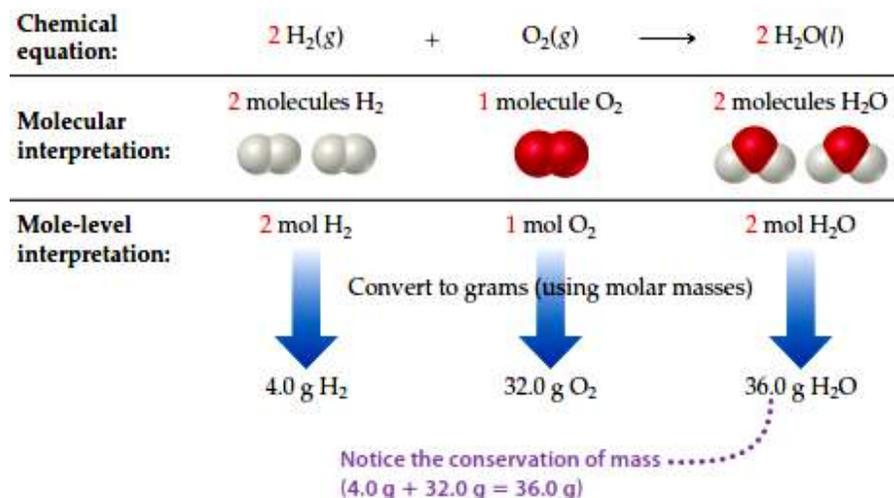
Kita tidak dapat menyelesaikan jawaban ini jika persamaan reaksi belum setara. Pendekatan umum yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah perhitungan yang berhubungan dengan persamaan reaksi adalah

1. Tulislah persamaan reaksi yang setara
2. Ubahlah massa yang diberikan ke mol
3. Gunakan perbandingan mol setara pada persamaan reaksi untuk menghitung jumlah mol zat yang ditanya
4. Ubahlah jumlah mol zatnya ke massa yang diinginkan

Persamaan reaksi telah setara dapat diinterpretasikan secara kuantitatif pada tingkat molekular dan pada tingkat mol. Mol dapat diubah ke gram menggunakan faktor konversi massa molar. Perhatikan persamaan reaksi pembentukan air dari pembakaran hidrogen yang dimuat pada Gambar 26.

Persamaan reaksi pembakaran hidrogen (Gambar 26) dapat diinterpretasikan secara kuantitatif pada **tingkat molekular** dengan membaca koefisien reaksinya yaitu 2 molekul H₂ tepat bereaksi dengan 1 molekul O₂ menghasilkan 2 molekul H₂O. Interpretasi **tingkat mol** pada persamaan reaksi tersebut adalah 2 mol H₂ tepat bereaksi dengan 1 mol O₂ menghasilkan 2 mol H₂O. Satuan mol dapat dirubah ke satuan gram. Dengan demikian, 4g H₂ **tepat bereaksi** dengan 32g O₂ menghasilkan 36g H₂O. Dengan menggunakan hubungan kuantitatif ini dapat ditentukan berapa gram hidrogen harus direaksikan dengan oksigen untuk

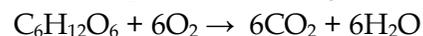
membentuk 72g air. Mudah bukan? Selanjutnya perhatikanlah Contoh Latihan ke-1, Latihan ke-2 dan Latihan ke-3.



Gambar 26. Interpretasi Persamaan Reaksi secara Kuantitatif
(Brown *et al.*, 2012:96)

Contoh Latihan ke-1

Glukosa (Gambar 27) didegradasi di dalam sel melalui sejumlah reaksi untuk menghasilkan energi. Energi itulah yang anda gunakan untuk beraktivitas. Reaksi keseluruhan degradasi glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) ke karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O) dapat ditulis sebagai berikut,



Jika 968 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ dikonsumsi oleh seseorang pada periode tertentu, berapa massa CO_2 yang dihasilkan?



Gambar 27. Glukosa dan Struktur Molekulnya

Konsep

Perhatikan persamaan reaksi yang setara, fokuskan perhatian ke $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ dan CO_2 . ternyata 1 mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \sim 6$ mol CO_2 .

1 mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 180,2$ g, dan

1 mol $\text{CO}_2 = 44,01$ g CO_2

1 mol $\text{H}_2\text{O} = 18$ g H_2O

Strategi

1. Setarakan persamaan reaksi

2. 968 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow ?$ mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

$$968 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180,2 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 5,372 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

3. mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow ?$ mol CO_2

$$5,372 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{6 \text{ mol } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 32,23 \text{ mol } \text{CO}_2$$

4. mol $\text{CO}_2 \rightarrow ?$ g CO_2

$$32,23 \text{ mol } \text{CO}_2 \times \frac{44,01 \text{ g } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{CO}_2} = 1,42 \times 10^3 \text{ g } \text{CO}_2$$

Agar lebih praktis kita dapat menggabungkan langkah 2 sampai dengan 4 yaitu

968 g $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow ?$ mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \rightarrow ?$ mol CO_2
 $\rightarrow ?$ g CO_2

$$968 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180,2 \text{ g } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} \times \frac{6 \text{ mol } \text{CO}_2}{1 \text{ mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 1,42 \times 10^3 \text{ g } \text{CO}_2$$

Penguatan konsep

Apakah jawaban di atas masuk akal? Apakah massa CO_2 yang dihasilkan lebih besar dari massa $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ yang bereaksi. Massa molar CO_2 lebih kecil dibandingkan massa molar $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$. Berapakah perbandingan massa molar CO_2 dan $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$?

Pertanyaan lanjutan

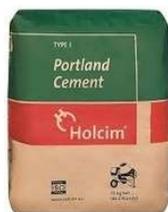
- Berapa massa air yang dihasilkan?
- Metanol terbakar menurut persamaan reaksi
 $\text{CH}_3\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2\text{O}$
Jika 209 g metanol pada proses pembakaran, berapa massa H_2O yang dihasilkan?

Contoh Latihan ke-2

Semen *Portland* (Gambar 28) adalah campuran dari oksida dari kalsium, aluminium dan silikon. Bahan baku kalsium oksida (Gambar 29) adalah kalsium karbonat yang merupakan komponen utama dari batuan alam, batu kapur. Ketika kalsium karbonat dipanaskan akan dihasilkan kalsium oksida, karbon-dioksida yang dihasilkan akan menguap. Seorang siswa membutuhkan $1,50 \times 10^2$ g kalsium oksida untuk membuat semen *portland*. Berapa gram kalsium karbonat yang digunakan jika diasumsikan 100% reaktan berubah ke produk.

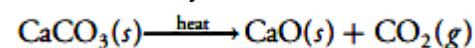
Konsep

Cerita dalam soal harus dibuat persamaan



Gambar 28.
Semen *Portland*

reaksi setaranya



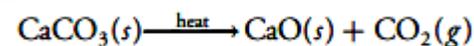
Koefisien reaksi menunjukkan perbandingan mol

$$1 \text{ mol CaCO}_3 \sim 1 \text{ mol CaO}$$

$$1 \text{ mol CaCO}_3 = 100,09 \text{ g CaCO}_3$$

$$1 \text{ mol CaO} = 56,08 \text{ g CaO}$$

Strategi



$$1,50 \times 10^2 \text{ g CaO} \rightarrow ? \text{ mol CaO} \rightarrow ? \text{ mol CaCO}_3 \rightarrow ? \text{ g CaCO}_3$$

$$1,50 \times 10^2 \text{ g CaO} \times \frac{1 \text{ mol CaO}}{56,08 \text{ g CaO}} \times \frac{1 \text{ mol CaCO}_3}{1 \text{ mol CaO}} \times \frac{100,09 \text{ g CaCO}_3}{1 \text{ mol CaCO}_3} = 268 \text{ g CaCO}_3$$

Penguatan konsep

Bagaimana menghitung dari gram CaO ke mol CaO, kemudian ke mol CaCO_3 dan ke gram CaCO_3 . Langkah kunci semua perhitungan reaksi stoikiometri adalah penggunaan persamaan reaksi setara, dan menggunakan makna rumus kimia yaitu massa molar.

Pertanyaan lanjutan

Berapa gram CO_2 yang dihasilkan?

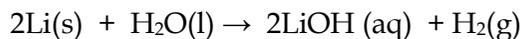


Gambar 29.
Kalsium Oksida (CaO) dan Strukturnya

Contoh Latihan ke-3

Semua logam alkali bereaksi dengan air menghasilkan gas hidrogen dan alkali metal hidroksida. Berapa gram Li diperlukan untuk menghasilkan 7,79 g H₂

Konsep



Diketahui:

$$1 \text{ mol Li} = 6,941 \text{ g Li}$$

$$2 \text{ mol Li} \sim 1 \text{ mol H}_2$$

Strategi

$$7,79 \text{ g H}_2 \rightarrow ? \text{ mol H}_2 \rightarrow ? \text{ mol Li} \rightarrow ? \text{ g Li}$$

$$7,79 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2 \text{ g H}_2} \times \frac{2 \text{ mol Li}}{1 \text{ mol H}_2} \times \frac{6,941 \text{ g Li}}{1 \text{ mol Li}} = 53,6 \text{ g Li}$$

Penguatan konsep

Ada sekitar 4 mol H₂ pada 7,79 g H₂. Oleh sebab itu, kita memerlukan 8 mol Li. Jawaban masuk akal bukan?

Pertanyaan lanjut

Reaksi antara *nitric oxide* (NO) dan oksigen membentuk nitrogen oksida (NO₂). Reaksi ini adalah langkah kunci pembentukan *smog* fotokimia. Berapa gram O₂ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 2,21 g NO₂?

Berdasarkan contoh Latihan ke-1, contoh Latihan ke-2 dan contoh Latihan ke-3 dapat disimpulkan bahwa gram senyawa A dapat diubah ke mol senyawa A atau sebaliknya menggunakan massa molar sebagai faktor konversinya. Mol senyawa A dapat diubah ke mol senyawa B pada persamaan reaksi setaranya

menggunakan koefisien reaksi sebagai faktor konversinya dan selanjutnya dapat dirubah ke gram senyawa B menggunakan massa molar sebagai faktor konversinya. Kaitan hal tersebut dimuat pada Gambar 30.



Gambar 30. Kaitan Massa Senyawa A Senyawa B dengan Massa Molarnya dan Koefisien Reaksi (Brady *et al.*, 2012:132)

3. Pereaksi Pembatas

(Reaktan mana yang habis bereaksi?)

Untuk memudahkan pemahaman makna **pereaksi pembatas**, marilah kita situasikan ke kehidupan nyata perakitan mobil sedan (Gambar 31). Sebuah perakitan mobil mempunyai 1500 rangka mobil dan 4000 roda. Berapa banyak mobil dapat dibuat jika 1 rangka mobil membutuhkan 4 buah roda. Oleh sebab itu, "persamaan reaksi" adalah



Gambar 31. Perakitan Mobil

Berapa banyak mobil dapat dibuat jika tersedia 4000 roda dan 1500 rangka mobil

$$1500 \text{ car-bodies} \times \frac{1 \text{ car}}{1 \text{ car-body}} = 1500 \text{ cars}$$
$$4000 \text{ tires} \times \frac{1 \text{ car}}{4 \text{ tires}} = 1000 \text{ cars}$$

Jika tersedia 4000 roda mobil, maka dapat dibuat 1000 mobil. Seribu mobil membutuhkan rangka mobil 1000 buah dan roda 4000. Jika 1500 rangka dibuat mobil dibutuhkan 6000 roda. Roda tersedia hanya 4000 maka tidak mungkin membuat 1500 mobil.

$$1500 \text{ rangka} \times \frac{4 \text{ roda}}{1 \text{ rangka}} = 6000 \text{ roda}$$

Karena roda yang tersedia hanya 4000, maka roda dikatakan “pembatas” untuk membuat 1000 mobil. Dengan demikian, ada 500 rangka mobil belum terpakai, menunggu pesanan roda datang. Pada persamaan reaksi ini “roda mobil” membatasi pembentukan mobil berikutnya. Dengan demikian, “roda mobil” disebut “pereaksi pembatas”. Cara yang terbaik mari kita data pembentukan mobil tersebut dalam bentuk tabel jumlah.

Tabel jumlah

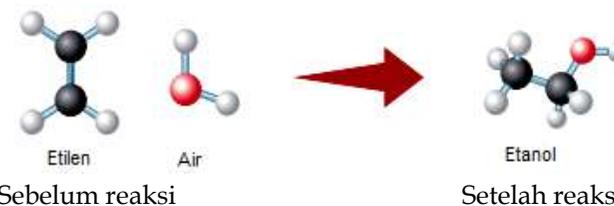
Jumlah	1 rangka mobil +	4 roda →	1 mobil
Awal	1500	4000	0
Perubahan	-1000	-4000	+1000
Akhir	500	0	1000

Sekarang ide cerita ini dibawakan pada persamaan reaksi pembentukan etanol dari etilen dan air di industri .

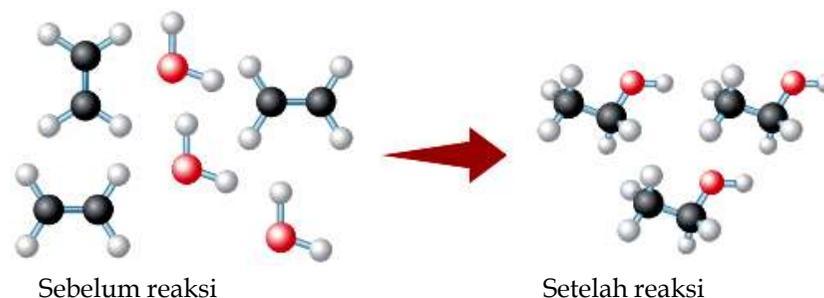


Kita telah mengerti bahwa “persamaan reaksi setara” menceritakan bagaimana reaktan bercampur bersama dengan jumlah tertentu untuk menghasilkan sejumlah tertentu produk. Persamaan reaksi diinterpretasikan pada skala labor menggunakan mol. Persaman reaksi setara pembentukan etanol

dari etilen dan air dapat ditafsirkan bahwa setiap mol etilen bereaksi membutuhkan 1 mol air untuk menghasilkan 1 mol etanol. Marilah kita lihat persamaan reaksi ini pada tingkat molekuler. Persamaan reaksi ini menceritakan bahwa 1 molekul etilen bereaksi dengan 1 molekul air menghasilkan 1 molekul etanol.

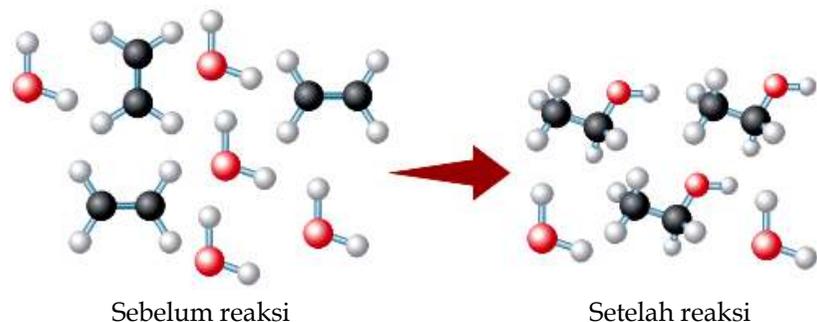


Jika kita mempunyai 3 molekul etilen bereaksi dengan 3 molekul air, maka akan dihasilkan 3 molekul etanol.



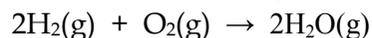
Apa yang terjadi jika kita mencampur 3 molekul etilen dengan 5 molekul air? Tentu semua molekul etilen digunakan untuk membentuk 3 molekul etanol. Pada keadaan ini etilen mengandung 2 molekul air, bukan?. Kita dapat mengartikan bahwa etilen tidak cukup untuk bereaksi dengan semua molekul air. Air yang tersedia berlebih setelah reaksi berhenti. Dengan kata lain, etanol yang dihasilkan mengandung air. Keadaan ini dapat menjadi masalah pada pabrik pembentukan etanol karena tidak

diinginkan produk bercampur dengan reaktan. Dengan kata lain, produk mengandung kontaminan reaktan.



Pada campuran ini etilen adalah “reaktan pembatas” karena jumlah etilen membatasi pembentukan etanol. Air dikatakan sebagai reaktan yang berlebih karena kita mempunyai lebih dari yang diperlukan untuk membuat etanol. Dengan demikian, untuk meramalkan jumlah produk yang akan diperoleh dari sebuah reaksi kita perlu menentukan reaktan mana sebagai reaktan pembatas. Pada contoh di atas kita katakan bahwa kita hanya memerlukan 3 molekul H₂O untuk bereaksi dengan 3 molekul C₂H₄, tetapi kita mempunyai 5 molekul H₂O, akibatnya H₂O berlebih dan C₂H₄ sebagai reaktan pembatas. Kita punya alasan bahwa 5 molekul H₂O akan membutuhkan 5 molekul C₂H₄, bukan?

Ide cerita ini dapat digunakan untuk menentukan pereaksi pembatas pada persamaan reaksi air dari pembakaran hidrogen. Persamaan reaksinya dapat ditulis sebagai berikut



Jika kita mempunyai campuran 10 mol H₂ dan 7 mol O₂ yang mana yang habis bereaksi ? Hidrogen atau Oksigenkah?

Dari persamaan reaksi 2 mol H₂ setara dengan 1 mol O₂. Dapat ditulis “2 mol H₂ ~ 1 mol O₂”. Karena 2 mol H₂ setara dengan 1 mol O₂, tentu 10 mol H₂ habis bereaksi dengan 5 mol O₂.

$$(10 \text{ mol H}_2) \left(\frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol H}_2} \right) = 5 \text{ mol O}_2$$

O₂ yang tersedia 7 mol. Dengan demikian, sebagai pereaksi pembatas adalah H₂ karena H₂ habis bereaksi, sedangkan O₂ bersisa 2 mol. **Reaktan yang habis bereaksi dinamakan pereaksi pembatas (limiting reactant)**. Dengan demikian, jika kita ingin semua hidrogen terbakar maka yang dibuat berlebih adalah oksigen. Untuk memudahkan perhitungan, data dapat kita buat tabel mol sebagai berikut,

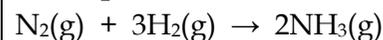
Tabel mol

Jumlah	2H ₂	+ O ₂ (g)	→	2H ₂ O
Awal	10 mol	7 mol		0 mol
Perubahan	-10 mol	-5 mol		+10 mol
Akhir	0 mol	2 mol		10 mol

Contoh Latihan ke-4

Proses komersial yang paling penting untuk pengubahan N₂ dari udara ke senyawa yang mengandung N adalah reaksi pembentukan amoniak dari N₂ dan H₂. Berapa mol NH₃ dapat terbentuk dari 3 mol N₂ dan 6 mol H₂?

Konsep



$$1 \text{ mol N}_2 \sim 3 \text{ mol H}_2$$

$$1 \text{ mol N}_2 \sim 2 \text{ mol NH}_3$$

$$3 \text{ mol H}_2 \sim 2 \text{ mol NH}_3$$

Strategi jawaban

Tabel mol, jika H₂ habis bereaksi (Tabel A)

Jumlah	N _{2(g)}	+	3H _{2(g)}	→	2NH _{3(g)}
Awal	3 mol		6 mol		0 mol
Perubahan	-2 mol		-6 mol		+4 mol
Akhir	1 mol		0 mol		4 mol

Tabel mol, jika N₂ habis bereaksi (Tabel B)

Jumlah	N _{2(g)}	+	3H _{2(g)}	→	2NH _{3(g)}
Awal	3 mol		6 mol		0 mol
Perubahan	-3 mol		-9 mol		+6 mol
Akhir	0 mol		-3 mol		6 mol

Pada Tabel A, H₂ habis bereaksi, H₂ adalah pereaksi pembatas. Pada Tabel B, jika N₂ habis bereaksi tidak cukup H₂ untuk membentuk 6 mol NH₃. Dengan demikian, dari 3 mol N₂ dan 6 mol H₂ terbentuk 4 mol NH₃.

Contoh Latihan ke-5

Reaksi pembakaran hidrogen, 2H_{2(g)} + O_{2(g)} → 2H_{2O(g)} digunakan untuk menghasilkan listrik pada sel bahan bakar hidrogen. Sel ini telah digunakan pada mobil sehingga dikenal mobil berbahan bakar hidrogen. Mobil ini sangat diminati karena hasil reaksi adalah air. Silahkan kunjungi web ini (<https://www.youtube.com/watch?v=tajigZ2e6tQ>). Jika sel bahan bakar mengandung 150 g H₂ dan 1500 g O₂, berapa gram air dapat terbentuk? Berapakah massa O₂ yang tersisa?

Konsep

Pertanyaannya menghitung produk dari jumlah dua reaktan, oleh sebab itu soal ini termasuk "reaktan pembatas"

Strategi jawaban

Ubah massa setiap reaktan ke mol

Dari persamaan reaksi,



$$150 \text{ g H}_2 \times \frac{1 \text{ mol H}_2}{2,00 \text{ g H}_2} = 75 \text{ mol H}_2$$

$$1500 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2,00 \text{ g O}_2} = 47 \text{ mol O}_2$$

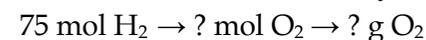
Tabel mol

Jumlah	2H _{2(g)}	+	O _{2(g)}	→	2H _{2O}
Awal	75 mol		47 mol		0 mol
Perubahan	-75 mol		-37,5 mol		+75 mol
Akhir	0 mol		9,5 mol		75 mol

$$75 \text{ mol H}_2 \times \frac{2 \text{ mol H}_2\text{O}}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} = 1400 \text{ g H}_2\text{O}$$
$$= 1,4 \times 10^2 \text{ g H}_2\text{O} \text{ (dua angka bermakna)}$$

Berapakah massa O₂ yang tersisa?

Kita tentukan dulu massa O₂ yang bereaksi dengan H₂

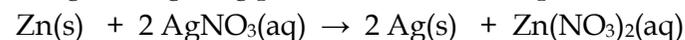


$$75 \text{ mol H}_2 \times \frac{1 \text{ mol O}_2}{2 \text{ mol H}_2} \times \frac{32 \text{ g O}_2}{1 \text{ mol O}_2} = 1200 \text{ g H}_2\text{O}$$

Dengan demikian, massa O₂ yang tersisa pada akhir reaksi adalah 1500g -1200g = 300 g

Pertanyaan lanjutan

Jika 2 g logam Zn diletakkan dalam larutan berair yang mengandung 2,5 g perak nitrat menurut persamaan reaksi,



a. Zat manakah reaktan pembatas?

- b. Berapa g Ag terbentuk
 - c. Berapa gram $Zn(NO_3)_2$ terbentuk
 - d. Berapa gram reaktan berlebih pada akhir reaksi
- Jawaban (a) $AgNO_3$, (b) 1,59 g, (c) 1,39 g (d) 1,52 g Zn.

4. Hasil Teoritis, Hasil Sesungguhnya dan Persen Hasil

Perhitungan jumlah produk yang terbentuk ketika semua reaktan pembatas habis bereaksi dinamakan **hasil teoritis** (*theoretical yield*). Jumlah produk sesungguhnya dinamakan **hasil sesungguhnya** (*actual yield*) yang hampir selalu kurang dan tidak akan pernah lebih besar dari hasil teoritis. Kenapa terjadi perbedaan antara hasil teoritis dengan hasil sesungguhnya. Banyak alasan kenapa terjadi demikian? Jawaban yang paling mungkin adalah reaksi belum terjadi pada kondisi optimum. Hal ini mungkin disebabkan karena reaksi belum terjadi pada tekanan (P), atau suhu (T) yang belum tepat. Dengan kata lain, reaksi berlangsung belum pada kondisi optimum. Alasan lain adalah sebagian reaktan mungkin tidak bereaksi atau mungkin bereaksi dengan cara berbeda dari yang diinginkan. Kemungkinan lain adalah sebagian produk yang terbentuk berubah kembali menjadi reaktan, atau bereaksi dengan oksigen atau zat lain. Dengan demikian, tentu **persen hasil** (*percent yield*) berkaitan dengan reaksi sesungguhnya dan hasil teoritis.

$$\text{Persen hasil} = \frac{\text{hasil sesungguhnya}}{\text{hasil teoritis}} \times 100 \%$$

Pada hasil teoritis, kita telah mengasumsikan 100% reaktan pembatas menjadi produk dengan pemisahan ideal dan metoda pemurnian untuk isolasi produk serta menggunakan teknik

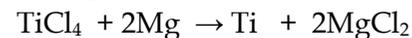
laboratorium yang sempurna untuk mengumpulkan produk yang terbentuk. Berdasarkan asumsi ini, kita memperoleh hasil teoritis yaitu jumlah yang ditunjukkan oleh perbandingan mol dalam persamaan reaksi. Pada kenyataannya hasil teoritis tidak akan pernah diperoleh di lapangan. Perhatikanlah Contoh Latihan ke-6.

Contoh Latihan ke-6

Titanium merupakan logam yang kuat, berkilau dan tahan korosi (Gambar 32). Logam ini banyak digunakan untuk pesawat terbang, mesin jet, rangka sepeda dan sendi buatan. Logam ini dapat dibuat dengan mereaksikan titanium (IV) chloride dengan lelehan magnesium pada suhu antara 950°C dan 1150°C . Pada industri tertentu $2,84 \times 10^7$ g $TiCl_4$ direaksikan dengan $1,09 \times 10^7$ g Mg. (a) Hitunglah hasil teoritis Ti dalam g. (b) Hitunglah persentasi hasil jika $5,97 \times 10^6$ g Ti sesungguhnya yang diperoleh pada industri tersebut?

Konsep

Tulislah persamaan reaksi setara



$$1 \text{ mol } TiCl_4 = 189,68 \text{ g}$$

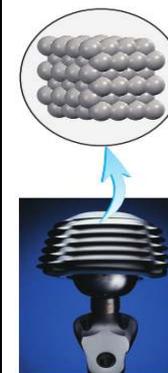
$$1 \text{ mol Mg} = 24,31 \text{ g}$$

$$1 \text{ mol } TiCl_4 \sim 1 \text{ mol Ti}$$

$$2 \text{ mol Mg} \sim 1 \text{ mol Ti}$$

Strategi

Tentukan dulu reaktan pembatas dari dua



Gambar 32. Logam Ti dan Struktur Kristalnya (Chang *et al*, 2011:86)

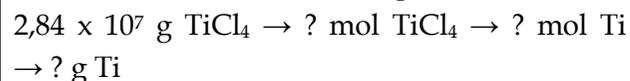
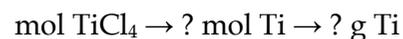
reaktan ini



Tabel mol

Jumlah	TiCl ₄ +	2Mg →	Ti +	2MgCl ₂
Awal	149 725,854	448 375,154	0 mol	0 mol
Perubahan	149 725,85	299 451,70	149 725,85	
Akhir	0			

Dari tabel dapat disimpulkan, reaktan pembatas adalah TiCl₄



$$2,84 \times 10^7 \text{ g TiCl}_4 \times \frac{1 \text{ mol TiCl}_4}{189,68 \text{ g TiCl}_4} \times \frac{1 \text{ mol Ti}}{1 \text{ mol TiCl}_4} \times \frac{47,88 \text{ g Ti}}{1 \text{ mol Ti}} = 7,18 \times 10^6 \text{ g Ti}$$

$$\% \text{ hasil} = \frac{\text{hasil sesungguhnya}}{\text{hasil teoritis}} \times 100 \%$$

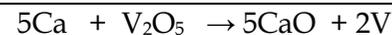
$$= \frac{5970000}{7180000} \times 100 \% = 83,1 \%$$

Penguatan konsep

Persen hasil harus kurang dari 100%

Latihan lanjutan

Vanadium dalam industri dapat diperoleh menurut reaksi berikut:

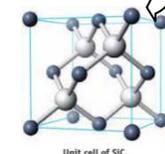


Pada satu proses 1,54 × 10³ g V₂O₅ bereaksi dengan 1,96 × 10³ Ca

- Hitunglah hasil teoritis dari V
- Hitunglah persentase hasil jika 803 g V diperoleh
- Mengapa persen hasil tidak akan lebih besar dari 100%

Contoh Latihan ke-7

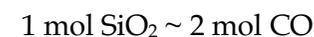
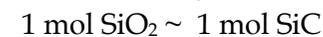
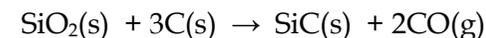
Silikon karbida, SiC (Gambar 33) dapat dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi yang membutuhkan ketahanan panas dan kehausan yang tinggi, seperti perlengkapan dapur bertemperatur tinggi, elemen pemanas. Silikon karbida (SiC) merupakan material keramik penting yang dapat dibuat dari pasir (mengandung SiO₂) direaksikan dengan serbuk karbon pada suhu tinggi. Pada reaksi ini juga terbentuk karbon monoksida. Jika 100 kg pasir diproses, dan diperoleh 51,4 kg SiC. Berapa persen hasil SiC pada proses ini?



Gambar 33. Silikon Karbida (SiC) dan Strukturnya

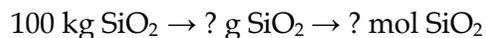
Konsep

Tulislah persamaan reaksi setara



Strategi

Hasil sesungguhnya dari SiC adalah 51,4 kg. Oleh sebab itu, diperlukan hasil teoritis untuk menghitung persen hasil. Hasil teoritis SiC ?



$$100 \text{ kg SiO}_2 \times \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \times \frac{1 \text{ mol SiO}_2}{60,09 \text{ g SiO}_2} \times \frac{1 \text{ mol SiC}}{1 \text{ mol SiO}_2} \\ \times \frac{40,1 \text{ g SiC}}{1 \text{ mol SiC}} \times \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 66,73 \text{ kg SiC}$$

Tabel mol

	SiO ₂ +	3C →	SiC +	2CO
Awal	1664		0 mol	0 mol
Perubahan	1664	3x 1664	1664	2x1664
Akhir	0	0	1664	

$$\% \text{ hasil} = \frac{\text{hasil sesungguhnya}}{\text{hasil teoritis}} \times 100 \% \\ = \frac{51,4 \text{ kg}}{66,73 \text{ kg}} \times 100 \% = 77 \%$$

Penguatan konsep

Perbandingan mol SiC : SiO₂ = 1 : 1, tentu perbandingan massa molar SiC : SiO₂ = 40 : 60. Jika SiO₂ 100g tentu SiC 66g.

Latihan lanjutan

Kalsium karbonat bereaksi dengan larutan asam *hydrochloric* membentuk larutan kalsium klorida, air dan karbon dioksida. Berapa persen hasil CO₂ jika 3,65 gas ini dikumpulkan dan 10 g kalsium karbonat bereaksi.

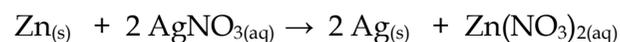
Rangkuman

- Tiga tipe reaksi yang sering kita temui yaitu **reaksi kombinasi**, **reaksi dekomposisi** (penguraian) dan **reaksi pembakaran**.
- Pada **persamaan reaksi setara**, jumlah mol satu senyawa adalah ekuivalen (setara, sebanding) dengan jumlah mol dari senyawa lainnya pada persamaan reaksi tersebut.
- Reaktan yang habis bereaksi dinamakan pereaksi pembatas (*limiting reactant*)
- Perhitungan jumlah produk yang terbentuk ketika semua reaktan pembatas habis bereaksi dinamakan **hasil teoritis** (*theoretical yield*). Jumlah produk sesungguhnya dinamakan **hasil sesungguhnya** (*actual yield*) yang hampir selalu kurang dan tidak akan pernah lebih besar dari hasil teoritis.
- **Persen hasil** (*percent yield*) berhubungan dengan reaksi sesungguhnya dan hasil teoritis.

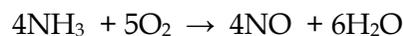
$$\text{Persen hasil} = \frac{\text{hasil sesungguhnya}}{\text{hasil teoritis}} \times 100 \%$$

Tugas Mandiri

1. Buatlah model molekul dari bola platin untuk Amonia, gas Oksigen dan gas Nitrogen. Buatlah persamaan reaksi setara pembentukan amonia dari gas Oksigen dan gas Nitrogen. Tafsirlah persamaan reaksi tersebut secara molekuler.
2. Rancanglah percobaan yang memenuhi kriteria *green chemistry* untuk membuktikan persamaan reaksi setara.
3. Jika 2 g logam Zn diletakkan dalam larutan berair yang mengandung 2,5 g perak nitrat menurut persamaan reaksi



- a. Zat manakah reaktan pembatas?
 - b. Berapa g Ag terbentuk
 - c. Berapa gram $\text{Zn}(\text{NO}_3)_{2(aq)}$ terbentuk
 - d. Berapa gram reaktan berlebih pada akhir reaksi
4. Pada industri proses pembuatan asam nitrat, langkah pertama adalah reaksi dari ammonia dan oksigen pada suhu tinggi. Nitrogen monoksida terbentuk menurut reaksi

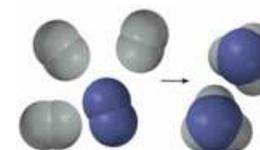


- a. Berapa gram nitrogen monoksida dapat terbentuk jika campuran awal mengandung 30,00 g NH_3 dan 40 g O_2 .
- b. Berapa mL air dapat terbentuk jika campuran awal mengandung 30,00 g NH_3 dan 60 g O_2 .

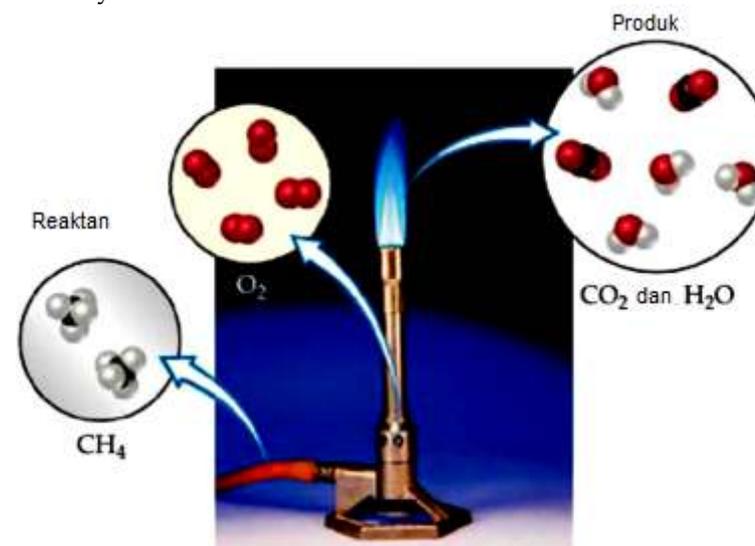
Tes Formatif

Essay

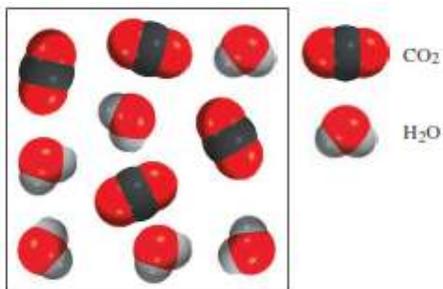
1. Gambar di bawah ini adalah reaksi antara hidrogen dan nitrogen membentuk amoniak. Tulislah persamaan reaksi setaranya. Hubungkan antara persamaan reaksi tersebut dengan gambar ini.



2. Perhatikanlah gambar di bawah ini. Tulislah persamaan reaksi setaranya.

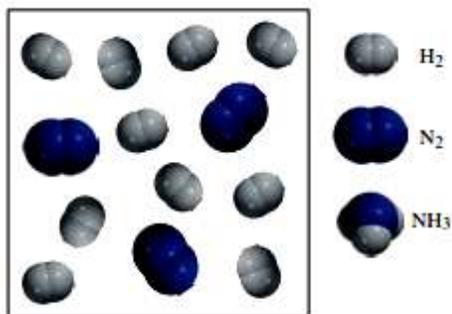


3. Gambar di bawah ini adalah produk (CO_2 dan H_2O) yang terbentuk setelah pembakaran suatu senyawa hidrokarbon (senyawa hidrokarbon hanya mengandung C dan H). Tulis persamaan reaksi setara. Massa molar hidrokarbon diketahui sekitar 30.



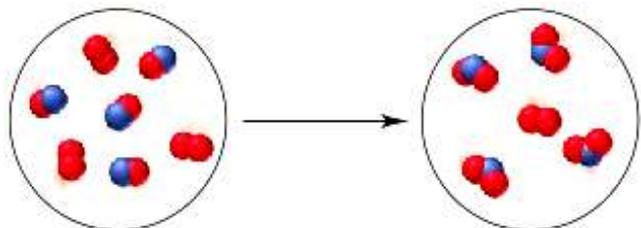
4. Persamaan reaksi : $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

Gambarkanlah produk dan reaktan yang berlebih setelah reaksi selesai



5. Sulfur terbakar dengan oksigen membentuk sulfur oksida, kira-kira 50 juta ton SO_2 dilepas ke atmosfer tiap tahunnya. Jika terbentuk 100 g SO_2 berapa gram sulfur terbakar?

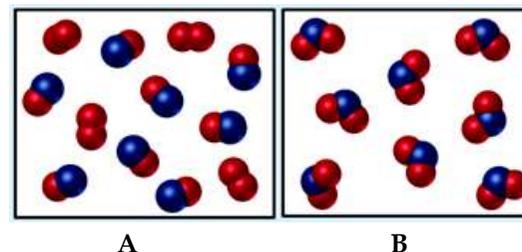
6. B_2 (bola merah) bereaksi dengan AB seperti pada Gambar



Minda Azhar 87

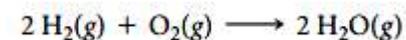
- Tulislah persamaan reaksi yang setara
- Tentukan reaktan pembatas
- Berapa mol produk dapat terbentuk dari reaksi masing-masing 1,5 mol reaktan?

7. Gambar berikut adalah representasi dari perubahan kimia (bola merah adalah atom oksigen, bola biru adalah atom nitrogen).

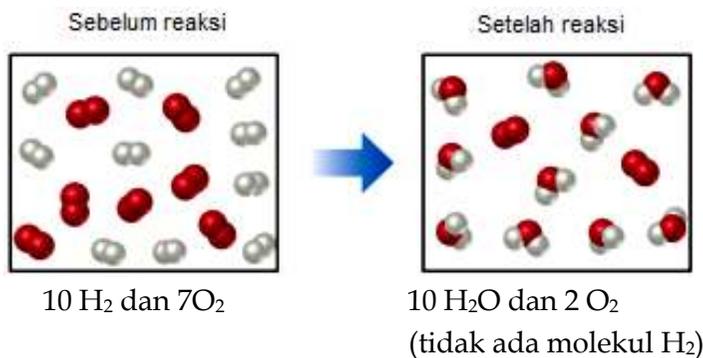


- Tulislah rumus molekul reaktan dan produk (gambar A reaktan, gambar B produk)
- Tulis persamaan reaksi setara
- Berapa jumlah atom N di kiri dan di kanan tanda panah pada reaksi setara
- Berapa jumlah O di kiri dan kanan tanda panah pada reaksi setara?

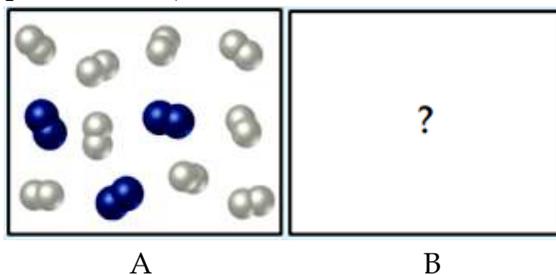
8. Marilah kita melihat persamaan reaksi berikut secara molekuler.



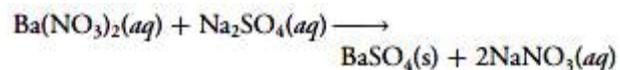
- Jika tersedia 10 molekul H_2 dan 7 molekul O_2 , berapa maksimum jumlah molekul H_2O terbentuk? (Perhatikan Gambar di bawah ini). Molekul apakah yang habis bereaksi (pereaksi pembatas)? Molekul apakah yang bersisa? Berapa sisanya?



- b. Jika tersedia 400 g gas hidrogen dan 200 gram gas oksigen berapa gramkah air terbentuk? Gas apakah yang habis bereaksi ?
9. Pada gambar A bola putih adalah atom hidrogen, bola biru ada atom nitrogen. Berapa banyak molekul NH₃ terbentuk? (tulislah pada kotak B).



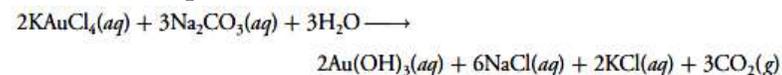
10. Barium sulfat, BaSO₄ dibuat menurut persamaan reaksi berikut



Sebuah eksperimen dimulai dengan 75 g Ba(NO₃)₂ dan Na₂SO₄ berlebih. Setelah dikumpulkan dan dikeringkan diperoleh

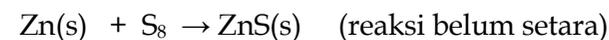
64,45 g BaSO₄. Hitunglah hasil teoritis dan persentase hasil BaSO₄ ?

11. Tentukanlah kadar nitrogen pada N₂O, NO, NO₂, N₂O₃, N₂O₄ dan N₂O₅. Pada senyawa manakah kadar nitrogen paling tinggi?
12. Emas (III) hidroksida [Au(OH)₃] digunakan untuk *electroplating* (menyepuh dengan listrik) ke logam lainnya. Emas (III) hidroksida dapat dibuat menurut reaksi berikut



Untuk membuat Au(OH)₃ ahli kimia mencampurkan 20,00 g KAuCl₄ dengan 25,00 g Na₂CO₃ (keduanya dilarutkan dalam sejumlah air berlebih). Berapa jumlah maksimum Au(OH)₃ yang dapat terbentuk?

13. Ketika seng dipanaskan dengan sulfur, reaksi hebat terjadi dan seng sulfida terbentuk



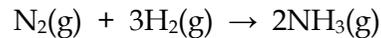
Beberapa reaktan juga bereaksi dengan oksigen di udara membentuk seng oksida dan sulfur oksida. Jika 83,2 g Zn bereaksi dengan 52,4 g S₈ dan terbentuk 104,4 g ZnS.

- Berapa hasil teoritis ZnS
- Berapa jumlah maksimum ZnS dapat dihasilkan?
- Berapa hasil ZnS sesungguhnya?
- Berapa persen hasil dari ZnS?

Indikator

Dapat menentukan hubungan koefisien reaksi dengan mol dalam persamaan reaksi

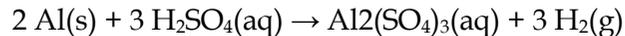
7. Proses komersial yang paling penting untuk pengubahan N₂ dari udara ke senyawa yang mengandung N adalah reaksi pembentukan amoniak dari N₂ dan H₂



Berapa mol NH₃ dapat terbentuk dari 3 mol N₂ dan 6 mol H₂?

- A. 2 mol
B. 1 mol
C. 4 mol
D. **3 mol**
E. 2 mol
8. Vanadium dalam industri dapat diperoleh menurut reaksi berikut: $5\text{Ca} + \text{V}_2\text{O}_5 \rightarrow 5\text{CaO} + 2\text{V}$
Pada satu proses 1,54 x 10³ g V₂O₅ bereaksi dengan 1,96x10³ g Ca. Hitunglah hasil teoritis dari V
- A. 49 gram
B. 490 gram
C. 1400 gram
D. 122.5 gram
E. **999.6 gram**

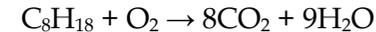
9. Aluminium larut dalam larutan asam sulfat menghasilkan larutan aluminium sulfat dan gas hidrogen. Persamaan reaksinya:



Berapa mol gas hidrogen dan mol larutan aluminium sulfat yang dihasilkan jika digunakan 0,5 mol aluminium?

- A. **0,75 dan 0,25 mol**
B. 0,25 dan 0,25 mol
C. 0,25 dan 1 mol
D. 1 dan 0,25 mol
E. 0,25 dan 0,75 mol

10. Tentukan berapa mol gas CO₂ yang dihasilkan dari reaksi pembakaran 2 mol oktana berikut:



- A. 2 mol
B. 4 mol
C. **8 mol**
D. 10 mol
E. 12 mol
11. Reaksi pembentukan amoniak dari N₂ dan H₂ dapat dilihat pada reaksi berikut :
- $$\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$$
- Tentukan mol N₂ yang dibutuhkan, jika terbentuk 4 mol amonia
- A. 1 mol
B. **2 mol**
C. 3 mol
D. 4 mol
E. 5 mol

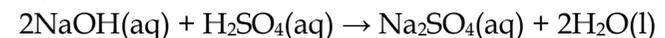
Indikator

Dapat menerapkan konsep pereaksi pembatas pada suatu reaksi

12. Suatu eksperimen pembakaran 11,5 g etanol menghasilkan 22 g CO₂ dan 13,5 gram H₂O. Berapa massa oksigen yang dapat membakar 11,5 g etanol

- A. **16 gram**
B. 8 gram
C. 4 gram
D. 2 gram
E. 1 gram

13. Satu mol larutan natrium hidroksida (NaOH) direaksikan dengan 1 mol larutan asam sulfat (H₂SO₄) sesuai reaksi:



Tentukanlah pereaksi pembatas.

- A. H₂SO₄
B. H₂O
C. **NaOH**
D. Na₂SO₄
E. H₂SO₄ dan H₂SO₄

BAB IV

Konsep Mol Berbasis Inkuiri Terstruktur

Konsep mol adalah konsep yang sangat penting dalam ilmu kimia dan merupakan titik pusat semua perhitungan dalam kimia. Pemecahan masalah yang berhubungan dengan perhitungan sering merupakan bagian yang paling sulit dalam ilmu kimia untuk kebanyakan siswa (Brady *et al.*, 2012). Oleh sebab itu, pada bab ini konsep mol disampaikan dengan inkuiri terstruktur. Konsep mol berbasis inkuiri terstruktur pada buku ini mengikuti tahap-tahap pembelajaran inkuiri terstruktur yang meliputi : observasi, hipotesis, koleksi dan organisasi data, serta kesimpulan (Zion, 2012). Tahap pembelajaran ini telah dirancang untuk beberapa materi kimia yaitu konsep mol (Sagita *et al.*, 2018, laju reaksi (Murni *et al.*, 2019) dan kesetimbangan kimia (Nurhasanah *et al.*, 2019). Peran guru pada setiap tahap adalah,

1. Observasi
Mengenalkan kondisi atau permasalahan nyata yang menarik minat peserta didik untuk belajar.
2. Hipotesis
Membimbing peserta didik merumuskan hipotesis.
3. Koleksi dan Organisasi Data

Membimbing peserta didik melalui model berupa gambar atau eksperimen (pengamatan) agar diperoleh informasi.

4. Kesimpulan

Membimbing peserta didik menyimpulkan konsep-konsep dari hasil pengujian hipotesis pada langkah 3.

Peran peserta didik sebagai berikut:

1. Observasi

Memahami materi dengan kegiatan melihat, membaca, dan menyimak.

2. Hipotesis

Menyusun hipotesis dari penjelasan yang diberikan guru.

3. Koleksi dan Organisasi Data

Menggali dan mengumpulkan informasi dengan cara memahami contoh, melakukan eksperimen untuk membuktikan hipotesis.

4. Kesimpulan

Menuliskan kesimpulan tentang konsep yang dipelajari sesuai dengan indikator pencapaian kompetensi.

5. Peserta didik diharapkan mampu menyelesaikan soal yang terdapat pada lembar evaluasi.

Bab konsep mol berbasis inkuiri terstruktur pada buku ini menjelaskan materi konsep mol yang meliputi pengertian mol, rumus kimia dan satuan konsentrasi zat.

1. Konsep Mol

Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK):

3.10.1. Menjelaskan pengertian mol berdasarkan data.

3.10.2. Menentukan massa molar suatu unsur atau senyawa dari jumlah mol unsur atau senyawa.

3.10.3. Menghitung volume molar gas dari mol suatu zat.

a. Pengertian Mol

Observasi

Setiap Anda pernah melihat kacang hijau, bukan? (Gambar 34)? Bahkan Anda pernah memakan bubur kacang hijau. Jika Anda membeli kacang hijau, tentu si penjual menimbang kacang hijau tersebut misalnya 1 kg. Pernahkah Anda membeli kacang hijau selain menggunakan satuan kg? Kita membeli kacang hijau tentu dapat menggunakan satuan ons, atau satuan gram, tetapi tidak akan pernah dalam satuan lusin, satuan rim, atau satuan kodi. Pernahkah Anda membeli kacang hijau dalam satuan butir, misalnya 1000 butir kacang hijau? Tidak pernah, bukan?



Gambar 34. Kacang Hijau
(<https://www.idntimes.com>)

Satuan lusin dan rim merupakan satuan jumlah untuk menyatakan jumlah suatu barang seperti jumlah buku ataupun jumlah lembaran kertas. Satuan jumlah yang lain adalah kodi dan gross. Berkaitan dengan angka berapakah satuan tersebut? 1 lusin senilai dengan 12 buah, 1 rim senilai dengan 500 lembar, 1 gross

senilai dengan 144 buah, dan 1 kodi senilai dengan 20 buah. Namun, tidak semua benda dapat menggunakan satuan jumlah tersebut. Anda tentu sering mendengar satuan kilogram, gram, ton, atau kwintal? Satuan tersebut adalah satuan massa yang sering kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti kita membeli kacang hijau dalam satuan kilogram. Apakah 1 kg kacang hijau sama jumlah butirnya dengan 1 kg jeruk?

Apakah ada hubungan antara jumlah suatu materi dengan massanya? Jika Anda membeli 1000 butir kacang hijau, apakah si penjual akan menghitungnya satu persatu? Atau adakah cara lain yang lebih mudah dan praktis? Anda dapat menghitung 1000 butir kacang hijau dengan cara menimbanginya, bukan?. Anda timbang 1 butir kacang hijau ternyata massanya 0,08 g, tentu

10 butir kacang hijau	= 0,8 g
100 butir kacang hijau	= g
1000 butir kacang hijau	= g
2000 butir kacang hijau	= g
5×10^3 butir kacang hijau	= g
$6,02 \times 10^{23}$ butir kacang hijau	= g
1 mol butir kacang hijau	= g

Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk mengambil 1000 butir kacang hijau, kita dapat menimbanginya sebanyak 80 gram, dengan asumsi massa setiap butir kacang hijau sama. Berapa massa 10^6 butir kacang hijau? Mudah bukan?

Bagaimana penerapannya dalam kimia? Setiap zat yang ada di alam ini tersusun atas partikel-partikel dalam bentuk atom, molekul, atau ion. Ukuran partikel tersebut sangat kecil dengan jumlah yang sangat banyak. Satuan yang digunakan untuk menyatakan jumlah partikel suatu zat adalah satuan mol (satu mol = 602.000.000.000.000.000.000.000 = $6,02 \times 10^{23}$ partikel). Dalam kehidupan sehari-hari kita menghitung kacang hijau

dalam satuan massa yaitu 1 kg, 2 kg, dan seterusnya.

Bagaimanakah jika kita menghitung kacang hijau dalam satuan mol? Berapa waktu yang dibutuhkan untuk menghitung butir kacang hijau sebanyak satu mol? Jika kita dapat menghitung butir kacang hijau selama 1 detik sebanyak 10 butir, tentu

- 2 detik = 20 butir kacang hijau
- 60 detik = butir kacang hijau
- 1 menit = butir kacang hijau
- 1 jam = butir kacang hijau
- 1 hari = butir kacang hijau
- 1 tahun = butir kacang hijau
- tahun = 602.000.000.000.000.000.000 butir
- tahun = $6,02 \times 10^{23}$ butir kacang hijau

Berapa tahun menghitung butir kacang hijau sebanyak satu mol? Cukupkah umur Anda untuk menghitungnya? Hal ini menandakan bahwa 1 mol merupakan jumlah yang sangat banyak, sehingga umur manusia pun tidak cukup untuk menghitungnya satu persatu. Namun jangan khawatir kita dapat menghitung jumlah partikel secara tidak langsung yaitu dengan cara menimbanginya. Mudah bukan!

Hipotesis

Air merupakan kumpulan molekul-molekul air yang saling berikatan hidrogen. Jika Anda mempunyai satu gelas air, dapatkah Anda tentukan jumlah molekul air dalam gelas tersebut? Tuliskan hipotesis Anda berdasarkan penjelasan di atas:

.....

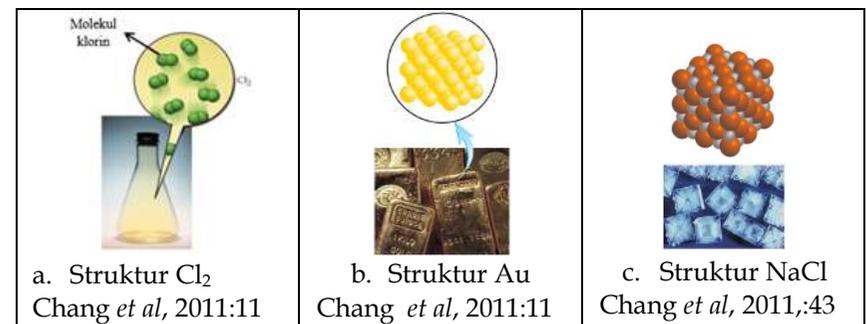
Koleksi dan Organisasi Data

Mol adalah satuan jumlah zat. Satu mol mempunyai jumlah partikel yang sama dengan jumlah partikel tepat 12 g karbon-12 yaitu $6,02 \times 10^{23}$ atom. Bilangan ini dikenal sebagai bilangan *Avogadro*. Seperti halnya satuan lusin dan rim, 1 lusin adalah 12 item, sedangkan 1 gross adalah 144. Begitu pula untuk satu mol, jumlah partikel untuk satu mol adalah $6,02 \times 10^{23}$. Partikel suatu zat dapat berupa molekul, ion atau atom.

$$1 \text{ mol} = 6,02 \times 10^{23} \text{ partikel}$$

Perhatikan struktur molekul klorida, Cl_2 , logam emas (Au) dan struktur garam dapur (NaCl) yang pada Gambar 35. Jika jumlah partikel zat 1 mol tentu,

- 1 mol Cl_2 mengandung $6,02 \times 10^{23}$ molekul Cl_2
- 1 mol Au mengandung $6,02 \times 10^{23}$ atom Au
- 1 mol Cl^- mengandung $6,02 \times 10^{23}$ ion Cl^-
- 1 mol Na^+ mengandung $6,02 \times 10^{23}$ ion Na^+



Gambar 35. a. Struktur Cl_2 , b. Struktur Au, dan c. Struktur NaCl

Dengan demikian,

- 3 mol Cl₂ mengandung 3 x (6,02 x 10²³) = molekul Cl₂
- 5 mol Cl₂ mengandung 5 x (6,02 x 10²³) = molekul Cl₂
- 0,5 mol Cl₂ mengandung 0,5 x (6,02 x 10²³) = molekul Cl₂
- 2,5 mol Cl₂ mengandung 2,5 x (6,02 x 10²³) = molekul Cl₂

Silahkan Anda lengkapi data di bawah ini:

- a) 1 mol Au mengandung 6,02 x 10²³ atom Au
 - 3 mol Au mengandung (....) x (.....) = atom Au
 - 5 mol Au mengandung (....) x (.....) = atom Au
 - 0,5 mol Au mengandung (....) x (.....) = atom Au
 - 2,5 mol Au mengandung (....) x (.....) = atom Au
- b) 1 mol Cl⁻ mengandung 6,02 x 10²³ ion Cl⁻
 - 3 mol Cl⁻ mengandung (....) x (.....) = ion Cl⁻
 - 5 mol Cl⁻ mengandung (....) x (.....) = ion Cl⁻
 - 0,5 mol Cl⁻ mengandung (....) x (.....) = ion Cl⁻
 - 2,5 mol Cl⁻ mengandung (....) x (.....) = ion Cl⁻
- c) 1 mol Na⁺ mengandung 6,02 x 10²³ ion Na⁺
 - 3 mol Na⁺ mengandung (....) x (.....) = ion Na⁺
 - 5 mol Na⁺ mengandung (....) x (.....) = ion Na⁺
 - 0,5 mol Na⁺ mengandung (....) x (.....) = ion Na⁺
 - 2,5 mol Na⁺ mengandung (....) x (.....) = ion Na⁺

Bagaimanakah jumlah partikel zat (molekul, atom, ion) jika jumlah molnya sama? Apakah massanya sama?

.....
.....

Perhatikan persamaan berikut ini:

$$1 \text{ mol Cl}_2 = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul Cl}_2$$

Persamaan ini dapat diubah secara matematika menjadi

$$\frac{6,02 \times 10^{25} \text{ molekul Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 1 \text{Faktor konversi 1}$$

$$\frac{1 \text{ mol Cl}_2}{6,02 \times 10^{25} \text{ molekul Cl}_2} = 1 \text{Faktor konversi 2}$$

Persamaan ini dinamakan faktor konversi. Faktor konversi ini dapat digunakan untuk menentukan jumlah partikel suatu zat jika mol diketahui atau sebaliknya.

Contoh :

$$3 \text{ mol Cl}_2 = ? \text{ molekul Cl}_2$$

$$3 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{6,02 \times 10^{25} \text{ molekul Cl}_2}{1 \text{ mol Cl}_2} = 18,06 \times 10^{23} \text{ molekul Cl}_2$$

Bagaimanakah dengan jumlah atom Cl pada molekul Cl₂? Jawablah dengan menggunakan faktor konversi

Perhatikan rumus molekul dan model struktur Cl₂ (Gambar 35). Satu molekul Cl₂ terikat _____ atom Cl secara kovalen. Berapakah jumlah atom Cl pada 1 mol Cl₂?

Diketahui

$$1 \text{ mol Cl}_2 \sim 2 \text{ mol Cl}$$

$$1 \text{ mol Cl} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom Cl}$$

Anda perhatikan langkah-langkah berikut ini:

1 mol Cl₂ = ? atom Cl

1 mol Cl₂ → ? mol Cl → ? atom Cl

$$1 \text{ mol Cl}_2 \times \frac{2 \text{ mol Cl}}{1 \text{ mol Cl}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom Cl}}{1 \text{ mol Cl}} \\ = 12,04 \times 10^{23} \text{ atom Cl}$$

Berapakah jumlah atom C dan jumlah atom O penyusun molekul CO₂? Jawablah dengan menggunakan faktor konversi. Perhatikan rumus molekul dan model struktur CO₂ pada Gambar 38. Satu molekul CO₂ terikat ___ atom C dan ___ atom O secara kovalen. Berapakah jumlah atom C dan atom O pada 1 mol CO₂?

Anda perhatikan langkah-langkah berikut ini:

1 mol CO₂ → ? mol C → ? atom C

Diketahui:

$$1 \text{ mol CO}_2 = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

$$1 \text{ mol CO}_2 \sim 1 \text{ mol C}$$

$$1 \text{ mol C} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}$$

$$1 \text{ mol CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{1 \text{ mol C}} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}$$

Anda perhatikan langkah-langkah berikut ini:

1 mol CO₂ → ? mol O → ? atom O

Diketahui:

$$1 \text{ mol CO}_2 = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

$$1 \text{ mol CO}_2 \sim 2 \text{ mol O}$$

$$1 \text{ mol O} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom O}$$

$$1 \text{ mol CO}_2 \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}} = 12,04 \times 10^{23} \text{ atom O}$$

Silahkan Anda kerjakan soal berikut:

a. 2 mol CO₂, berapa atom C dan atom O

(b) 2 mol CO₂ → ? mol C → ? atom C

$$2 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{\dots \text{ mol C}} = \dots \text{ atom C}$$

2 mol CO₂ → ? mol O → ? atom O

$$2 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom O}}{\dots \text{ mol O}} = \dots \text{ atom O}$$

b. 6 mol CO₂ berapa atom C dan atom O

6 mol CO₂ → ? mol C → ? atom C

$$6 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{\dots \text{ mol C}} = \dots \text{ atom C}$$

(b) 6 mol CO₂ → ? mol O → ? atom O

$$6 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom O}}{\dots \text{ mol O}} = \dots \text{ atom O}$$

c. 17 mol CO₂, berapa atom C dan atom O

17 mol CO₂ → ? mol C → ? atom C

$$17 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{\dots \text{ mol C}} = \dots \text{ atom C}$$

17 mol CO₂ → ? mol O → ? atom O

$$17 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom O}}{\dots \text{ mol O}} = \dots \text{ atom O}$$

d. 7,5 mol CO₂, berapa atom C dan atom O?

7,5 mol CO₂ → ? mol C → ? atom C

$$7,5 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{\dots \text{ mol C}} = \dots \text{ atom C}$$

7,5 mol CO₂ → ? mol O → ? atom O

$$7,5 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom C}}{\dots \text{ mol O}} = \dots \text{ atom O}$$

Faktor konversi digunakan untuk mengubah satuan yang diinginkan dari satuan yang diketahui. Perhatikan contoh berikut, merubah satuan molekul ke satuan mol menggunakan faktor konversi!

$$30,1 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2 = \dots \text{ mol CO}_2$$

$$3,01 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2} = 5 \text{ mol CO}_2$$

Silahkan Anda lengkapi titik-titik di bawah ini!

a. $45,25 \times 10^{23}$ molekul CO₂ = mol CO₂

$$\dots \times \frac{\dots \text{ mol CO}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2} = \dots \text{ mol CO}_2$$

b. $54,18 \times 10^{23}$ atom Mg = mol Mg

$$\dots \times \frac{\dots \text{ mol Mg}}{\dots} = \dots \text{ mol Mg}$$

c. $0,0602 \times 10^{23}$ ion Cl⁻ = mol Cl⁻

$$\dots \times \frac{\dots \text{ mol Cl}}{\dots} = \dots \text{ mol Cl}^-$$

Kesimpulan

Mol adalah

.....

Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan mol?

Jawab :.....

2. Berapakah jumlah partikel suatu zat dalam 1 mol?

Jawab:.....

3. Tentukanlah jumlah molekul H₂O pada 4 mol, 6 mol, dan 9 mol H₂O !

Jawab :.....

4. Tentukanlah jumlah atom H, dan atom O pada 4 mol, 6 mol, dan 9 mol H₂O !

Jawab:.....

5. Tentukanlah jumlah partikel dari 4 mol, 6 mol, dan 9 mol Aluminium !

Jawab :.....

6. Bagaimanakah jumlah partikel zat dalam mol yang sama?

Jawab :.....

7. Tentukanlah mol zat dari partikel berikut ini:

a) 0,301 molekul karbon monoksida (CO)

b) 45,15 ion K⁺

c) 15,05 atom Ca

d) 70,056 ion sulfat (SO₄²⁻)

Jawab:.....

.....

b. Massa Atom dan Massa Molar

Observasi

Massa suatu atom berkaitan dengan jumlah elektron, proton, dan neutron yang dimiliki atom tersebut. Tahukah Anda cara menentukan massa 1 atom? Massa 1 atom dapat ditentukan dengan menggunakan alat spektroskopi massa. Pada spektroskopi massa diperoleh **data kelimpahan isotop dan massa masing-masing isotop** suatu unsur. Data spektroskopi massa dalam bentuk grafik disebut spektrogram. Apakah yang dimaksud kelimpahan isotop?

Perhatikan analogi berikut:

Pada suatu ruangan hadir 10 orang yang terdiri dari 7 laki-laki dan 3 orang perempuan. Massa setiap laki-laki adalah 70 kg, sedangkan massa setiap perempuan adalah 50 kg. Berapa persen laki-laki di ruang tersebut dan berapa persen perempuan di ruang tersebut? Berapakah massa rata-rata orang di ruang itu?

Jawab

$$\text{Persentasi laki-laki adalah } \frac{7}{10} \times 100\% = 70\%$$

$$\text{Persentasi perempuan adalah } \frac{3}{10} \times 100\% = 30\%$$

$$\begin{aligned} \text{Massa rata-rata orang dalam ruang itu adalah} \\ &= (70\% \times 70 \text{ kg}) + (30\% \times 50 \text{ kg}) \\ &= 64 \text{ kg} \end{aligned}$$

Atau dapat juga dijawab dengan cara berikut,

$$\text{massa rata - rata orang} = \frac{(7 \times 70 \text{ kg}) + (3 \times 50 \text{ kg})}{10} = 64 \text{ kg}$$

Bagaimana dengan massa rata-rata atom Neon ? Massa atom Neon bukanlah massa 1 atom neon, melainkan massa rata-rata dari ketiga isotop neon yang terdapat di alam. Massa rata-rata atom Neon dapat dihitung berdasarkan data spektrogram Neon dari Spektroskopi massa (Gambar 3 pada Bab 2).

$$\text{Massa rata-rata atom} = (\text{kelimpahan isotop 1} \times \text{massa isotop 1}) + (\text{kelimpahan isotop 2} \times \text{massa isotop 2}) + \dots\dots$$

$$\text{Massa rata-rata atom Neon} = 0,9092 \times 19,9924 \text{ sma} + 0,0026 \times 20,9940 \text{ sma} + 0,0882 \times 21,9914 \text{ sma} = 20,18 \text{ sma.}$$

Dengan demikian, massa atom Neon adalah 20,18 sma.

Setelah Anda mengetahui cara menentukan massa rata-rata satu atom Neon, sekarang coba Anda perhatikanlah Tabel Sistem Periodik. Pada Tabel Periodik terdapat data massa atom relatif (A_r) semua unsur. Massa atom relatif (A_r) suatu unsur merupakan perbandingan massa rata-rata atom tersebut terhadap $1/12$ massa isotop karbon-12. Secara matematik, jika unsurnya X dapat kita tulis sebagai berikut,

$$A_r X = \frac{\text{massa rata - rata satu atom X sma}}{\frac{1}{12} \text{ massa atom C - 12 sma}}$$

Semua data A_r suatu unsur terdapat pada Sistem Periodik Modern (silahkan *download* Sistem Periodik tersebut dari *Play Store* HP Anda). A_r Neon (Ne) dan Nitrogen (N) berturut-turut adalah 20,18 dan 14,01, maka massa rata-rata atom Ne dan atom N berturut-turut adalah

$$A_r \text{ Ne} = \frac{\text{massa rata - rata satu atom Ne sma}}{\frac{1}{12} \times 12 \text{ sma}}$$

$$20,18 = \frac{\text{massa rata - rata satu atom Ne sma}}{1 \text{ sma}}$$

Massa rata-rata atom Ne = 20,18 sma

Dengan kata lain, massa 1 atom Ne = 20,18 sma

$$A_r N = \frac{\text{massa rata - rata satu atom N sma}}{\frac{1}{12} \times 12 \text{ sma}}$$

$$14,01 = \frac{\text{massa rata - rata satu atom N sma}}{1 \text{ sma}}$$

Massa rata-rata atom N = 14,01 sma.

Dengan kata lain, massa 1 atom N adalah 14,01 sma

Setelah mengetahui massa satu atom Ne dan N, tentu massa

- 2 atom Ne = sma
- 10 atom Ne = sma
- 100 atom Ne = sma
- 150 atom Ne = sma
- 1500 atom Ne = sma
- $6,02 \times 10^{23}$ atom Ne = sma
- 1 mol Ne = sma
- 2 atom N = sma
- 10 atom N = sma
- 100 atom N = sma
- 150 atom N = sma
- 1500 atom N = sma
- $6,02 \times 10^{23}$ atom N = sma
- 1 mol N = sma

Catatan

sma singkatan dari **satuan massa atom, amu** (*atomic mass unit*).

Hipotesis

Data A_r unsur terdapat pada Sistem Periodik Modern. Bagaimanakah hubungan A_r dengan massa satu atom? Tuliskan hipotesis Anda berdasarkan penjelasan di atas!

.....

.....

Koleksi dan Organisasi Data

Sebuah atom isotop Carbon-12 mempunyai massa 12 **amu** (*atomic mass unit*). Data ini diperoleh dari spektroskopi massa. Berapakah jumlah partikel dalam 1 mol karbon-12

- 1 mol C-12 = atom C
- Massa 1 atom C-12 = amu
- Massa 1 mol C-12 = g

Berapakah massa 1 atom karbon-12 jika dinyatakan dalam gram? Massa (dalam gram) satu atom karbon dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$1 \text{ atom C - 12} \times \frac{1 \text{ mol atom C - 12}}{6,02 \times 10^{23} \text{ 1 atom C - 12}} \times \frac{12,00 \text{ g C - 12}}{1 \text{ mol atom C - 12}}$$

$$= 1,993 \times 10^{-23} \text{ g C - 12}$$

Dengan demikian, 1 atom C-12 = g

Dapatkah Anda menentukan hubungan antara amu dan gram?

1 atom C-12 = amu

1 atom C-12 = gram

Hubungan antara amu dan gram dapat dituliskan adalah sebagai berikut :

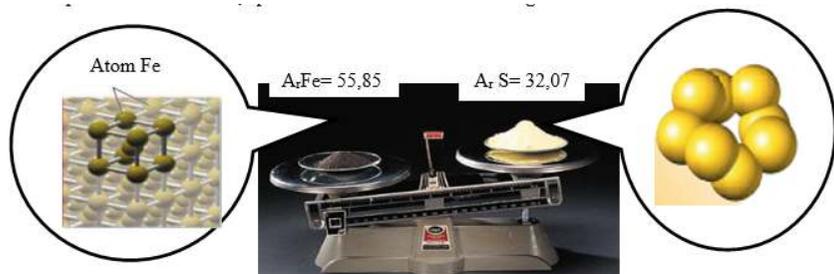
$$\frac{12 \text{ amu}}{1 \text{ atom C-12}} \times \frac{1 \text{ atom C-12}}{1,993 \times 10^{-23} \text{ g}} = 6,02 \times 10^{23} \text{ amu/g}$$

Dengan demikian,

$$1 \text{ amu} = \frac{1}{6,02 \times 10^{23} \text{ g}} = 1,661 \times 10^{-24} \text{ g}$$

Tentu, **1 gram = 6,02 x 10²³ amu**

Apakah massa 1 atom Besi (Fe) sama dengan massa 1 atom Sulfur (S). Perhatikan Gambar 36. Apakah massa 1 mol atom Fe sama dengan massa 1 mol atom S? Pertanyaan analoginya, apakah massa 1 lusin telur puyuh sama dengan massa 1 lusin telur bebek?



Gambar 36. Massa 1 Mol Fe dan 1 Mol Sulfur

Berapa massa 1 mol atom Fe?

$A_r \text{ Fe} = \dots\dots\dots$

Massa 1 atom Fe = 55,85 amu

Massa 5 atom Fe = amu

Massa 50 atom Fe = amu

Massa 6,022 x 10²³ atom Fe = amu

Massa 1 mol atom Fe = amu

Massa 1 mol Fe = gram

$$1 \text{ mol Fe} = 55,85 \text{ amu} \times 6,02 \times 10^{23} \times \frac{1 \text{ g}}{6,02 \times 10^{23} \text{ sma}} = 55,85 \text{ g}$$

Dengan demikian, 1 mol Fe = g Fe

Berapa massa 1 atom Sulfur?

$A_r \text{ S} = \dots\dots\dots$

Massa 1 atom Sulfur = amu

Massa 5 atom Sulfur = amu

Massa 50 atom Sulfur = amu

Massa 100 atom Sulfur = amu

Massa 6,022 x 10²³ atom Sulfur = amu

Massa 1 mol atom Sulfur = amu

Massa 1 mol atom S = gram

Massa 1 mol atom Sulfur = gram

$$1 \text{ mol atom Sulfur} = \dots \text{ amu} \times 6,02 \times 10^{23} \times \frac{1 \text{ g}}{6,02 \times 10^{23} \text{ amu}}$$

Dengan demikian, 1 mol Sulfur = g Sulfur

Berdasarkan informasi di atas, bagaimana hubungan antara A_r dengan massa satu mol atom?

Atom pada suatu unsur ada yang berikatan membentuk molekul. Atom-atom klor membentuk molekul diatomik, klorin. Klorin merupakan gas yang sangat beracun dan dapat digunakan untuk membunuh bakteri. Perhatikan Gambar 35.a Molekul Cl₂

Berapa massa 1 mol Cl₂?

1 mol Cl₂ → ? g Cl₂

1 molekul Cl₂ terdiri dari atom Cl

A_r Cl =

M_r Cl₂ =

Massa 1 atom Cl = amu

Massa 1 mol atom Cl = amu

Massa 1 mol atom Cl = gram

Massa 2 atom Cl = ... x 16 amu = ... amu

Massa 1 molekul Cl₂ = (... +...) amu = ... amu

Massa 1 molekul Cl₂ = gram

Massa 1 mol Cl₂ = amu

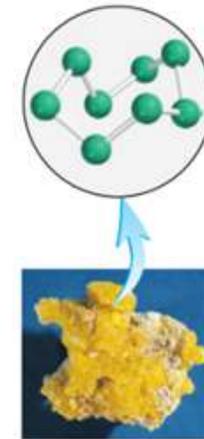
Massa 1 mol Cl₂ = gram

Massa 1 mol Cl₂

$$= 2 \times 35,5 \text{ amu} \times \frac{1 \text{ g}}{6,02 \times 10^{23} \text{ amu}} \times \frac{6,02 \times 10^{23}}{1 \text{ mol}} = 71 \text{ g}$$

Dengan demikian, 1 mol Cl₂ = g Cl₂

Bagaimana dengan unsur belerang (sulfur)? Belerang merupakan unsur nonlogam yang berwarna kuning (Gambar 37). Bentuk yang paling umum dari Sulfur berada sebagai molekul oktatomik cyclo-S₈. Belerang digunakan sebagai bahan untuk pembuatan korek api.



Gambar 37. Molekul Sulfur (S₈) dan Strukturnya (Chang *et al*, 2011:65)

Berapa massa satu mol sulfur (S₈)?

A_r S =

M_r S₈ =

Massa 1 molekul S₈ = amu

Massa 5 molekul S₈ = amu

Massa 50 molekul S₈ = amu

Massa 100 molekul S₈ = amu

Massa 6,022 x 10²³ molekul S₈ = amu

Massa 1 mol molekul S₈ = amu

Massa 1 mol molekul S₈ = gram

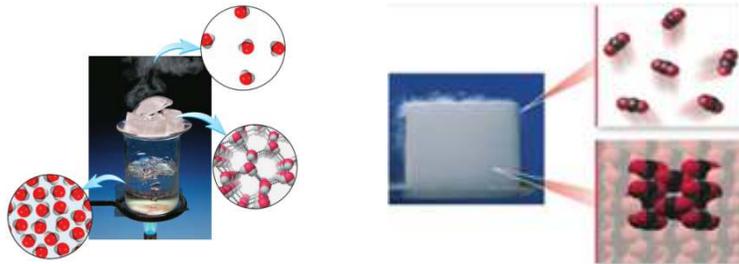
Massa 1 mol S₈ = gram

Dengan demikian, 1 mol S₈ = g S₈

Berdasarkan informasi di atas, bagaimana hubungan antara A_r dengan massa satu mol molekul unsur?

.....

Anda telah mengetahui cara menentukan massa suatu atom dan massa suatu molekul unsur. Bagaimana menentukan massa suatu molekul senyawa? Berapa massa 1 molekul CO₂ dan H₂O. Air berwujud padat, cair dan gas, CO₂ padat (dikenal dengan nama es kering) dan CO₂ gas dimuat pada Gambar 38. Perhatikan model molekul CO₂ dan H₂O ?



a.H₂O dan model molekulnya b.CO₂ dan model molekulnya

Gambar 38. Molekul H₂O dan Molekul CO₂

Berapa massa 1 mol CO₂?

1 molekul CO₂ terdiri dari atom C dan atom O

$$A_r \text{ C} = \dots\dots$$

$$A_r \text{ O} = \dots\dots$$

$$M_r \text{ CO}_2 = \dots\dots$$

$$\text{Massa 1 atom C} = \dots\dots\dots \text{ amu}$$

$$\text{Massa 2 atom O} = 2 \times 16 \text{ sma} = 32 \text{ amu}$$

$$\text{Massa 1 molekul CO}_2 = (12 + 32) \text{ amu} = 44,01 \text{ amu}$$

$$\text{Massa 1 molekul CO}_2 = \dots\dots\dots \text{ gram}$$

$$\text{Massa 1 mol CO}_2 = \dots\dots\dots \text{ amu}$$

$$\text{Massa 1 mol CO}_2 = \dots\dots\dots \text{ gram}$$

Massa 1 mol CO₂

$$= 44,01 \times 6,02 \times 10^{23} \text{ amu} \times \frac{1 \text{ g}}{6,02 \times 10^{23} \text{ amu}} = 44,01 \text{ g}$$

Dengan demikian, 1 mol CO₂ = 44,01 g CO₂

Berapa massa 1 mol H₂O?

1 molekul H₂O terdiri dari atom H dan atom O

$$A_r \text{ H} = \dots\dots\dots$$

$$A_r \text{ O} = \dots\dots\dots$$

$$M_r \text{ H}_2\text{O} = \dots\dots\dots$$

$$\text{Massa 1 atom H} = \dots\dots\dots \text{ amu}$$

$$\text{Massa 2 atom O} = 2 \times 16 \text{ sma} = 32 \text{ amu}$$

$$\text{Massa 1 molekul H}_2\text{O} = (12 + 32) \text{ sma} = 44,01 \text{ amu}$$

$$\text{Massa 1 molekul H}_2\text{O} = \dots\dots\dots \text{ gram}$$

$$\text{Massa 1 mol H}_2\text{O} = \dots\dots\dots \text{ sma}$$

$$\text{Massa 1 mol H}_2\text{O} = \dots\dots\dots \text{ gram}$$

Massa 1 mol H₂O

$$= 18 \times 6,02 \times 10^{23} \text{ amu} \times \frac{1 \text{ g}}{6,02 \times 10^{23} \text{ amu}} = 18 \text{ g}$$

Dengan demikian, 1 mol H₂O = 18 g

Berdasarkan informasi di atas, bagaimana hubungan antara A_r dengan massa satu mol molekul senyawa?

Anda telah mengetahui bahwa M_r CO₂ adalah 44,01, tentu massa 1 mol CO₂ adalah 44,01 g CO₂. Pernyataan secara matematik adalah

$$1 \text{ mol CO}_2 = 44,01 \text{ g CO}_2$$

Persamaan 1 mol CO₂ = 44,01 g CO₂ dapat dikonversi secara matematika menjadi :

$$\frac{44,01 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 1 \dots\dots\dots \text{ Faktor konversi 1}$$

$$\frac{1 \text{ mol CO}_2}{44,01 \text{ g CO}_2} = 1 \dots\dots\dots \text{Faktor konversi 2}$$

Faktor konversi tersebut dapat digunakan untuk merubah massa CO₂ ke mol CO₂ atau sebaliknya. Perhatikan contoh berikut.

Berapakah massa 0,25 mol CO₂ padat (es kering)?

$$0,25 \text{ mol CO}_2 \rightarrow ? \text{ g CO}_2$$

Diketahui :

$$1 \text{ mol CO}_2 = 44,01 \text{ g CO}_2$$

Jawab :

$$0,25 \text{ mol CO}_2 \times \frac{44,01 \text{ g CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 11,0025 \text{ g CO}_2$$

Tentukanlah massa CO₂ dari jumlah mol CO₂

a) 2,45 mol CO₂ = g CO₂

$$2,45 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots\dots\dots \text{g}}{1 \text{ mol CO}_2} = \dots\dots\dots \text{g}$$

b) 90 mol CO₂ = g CO₂

$$90 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots\dots\dots \text{g}}{1 \text{ mol CO}_2} = \dots\dots\dots \text{g}$$

c) 5,20 mol CO₂ = g CO₂

$$5,20 \text{ mol CO}_2 \times \frac{\dots\dots\dots \text{g}}{1 \text{ mol CO}_2} = \dots\dots\dots \text{g}$$

Jika massa CO₂ 10,50 g, hitunglah mol CO₂

$$10,50 \text{ g CO}_2 \rightarrow ? \text{ mol CO}_2$$

Diketahui :

$$1 \text{ mol CO}_2 = 44,01 \text{ g CO}_2$$

Jawab :

$$10,50 \text{ g CO}_2 = 10,50 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{\dots\dots\dots \text{CO}_2} = \dots\dots \text{ mol CO}_2$$

Jika es kering ditimbang dengan massa yang berbeda, berapakah jumlah mol nya? Anda dapat menghitungnya, bukan?

Diketahui:

$$1 \text{ mol CO}_2 = 44,01 \text{ g CO}_2$$

a) 13,8 g CO₂ = mol CO₂

$$13,8 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{\dots\dots\dots \text{g}} = \dots\dots\dots \text{ mol CO}_2$$

b) 46,1 g CO₂ = mol CO₂

$$46,1 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{\dots\dots\dots \text{g}} = \dots\dots\dots \text{ mol CO}_2$$

c) 14,01 g CO₂ = mol CO₂

$$14,01 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{\dots\dots\dots \text{g}} = \dots\dots\dots \text{ mol CO}_2$$

Bagaimana hubungan antar massa (dalam gram) dan mol suatu unsur dengan jumlah partikel zat? Untuk menjawab pertanyaan ini, silahkan perhatikan contoh soal berikut ini!

1. Berapakah jumlah molekul CO₂ dalam 26,3 g CO₂?

$$26,3 \text{ g CO}_2 \rightarrow ? \text{ mol CO}_2 \rightarrow ? \text{ molekul CO}_2$$

Diketahui:

$$1 \text{ mol CO}_2 = \dots\dots\dots \text{ g}$$

$$1 \text{ mol CO}_2 = \dots\dots\dots \text{ molekul CO}_2$$

Jawab

$$26,3 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{\dots\dots \text{g CO}_2} \times \frac{\dots\dots\dots \text{molekul CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2}$$

$$= \dots \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

2. Berapakah jumlah atom O dalam 26,3 g CO₂?

26,3 g CO₂ → ? mol CO₂ → ? mol O → ? atom O

Diketahui:

1 mol CO₂ = g CO₂

1 mol CO₂ terdapat mol O

1 mol O = atom O

Jawab :

$$26,3 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{\dots \text{ g CO}_2} \times \frac{\dots \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO}_2} = \dots \text{ mol O}$$

3. Berapakah jumlah molekul H₂O dalam 24,3 g H₂O?

24,3 g H₂O → ? mol H₂O → ? molekul H₂O

Diketahui:

1 mol H₂O = g

1 mol H₂O = molekul H₂O

Jawab :

$$24,3 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{\dots \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{\dots \text{ molekul H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}}$$

= ... molekul H₂O

Kesimpulan

Massa molar adalah

.....
.....

Latihan

1. Apa yang dimaksud dengan massa molar?

Jawab :

2. Bagaimanakah hubungan massa molar dengan A_r atau M_r suatu zat?

Jawab :

3. Tentukanlah massa molar unsur dan senyawa berikut:

- a) O₂ c) H₂SO₄ e) P₄
b) NaCl d) Cu f) CCl₄

Jawab :

4. Hitunglah:

- a) mol pada 46 gram logam Zn
b) mol pada 18,5 gram kloroform (CHCl₃)
c) Massa 0,4 mol logam K
d) Massa 2 mol asam lambung (HCl)

Jawab.....

5. Metana (CH₄) merupakan komponen utama gas alam. Berapakah molekul pada 40,25 g CH₄? Berapa atom H yang dan berapa atom C pada 40,25 g CH₄?

Jawab.....

c. Volume Molar Gas

Observasi

Pernahkah Anda memompa balon menggunakan tabung gas berisi helium. Bagaimana cara Anda menentukan volume gas yang terdapat pada balon tersebut? Gambar 39 memuat tabung gas yang berisi berturut-turut gas He, gas Xe, dan gas CH₄. Setiap tabung mempunyai volume 22,4 L.

Masing-masing tabung berisi 1 mol gas. Gas pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm, keadaan STP (*Standar Temperature and Pressure*). Hipotesis Avogadro menyatakan bahwa “pada suhu dan tekanan yang sama, semua gas dengan volume yang sama akan mengandung jumlah partikel yang sama pula”. Menurut Anda apakah masing-masing tabung gas tersebut mempunyai volume yang sama? Berapakah volume pada keadaan STP? Bagaimanakah cara menghitungnya?



Gambar 39. Satu Mol Gas He, Xe dan CH₄ pada Keadaan STP

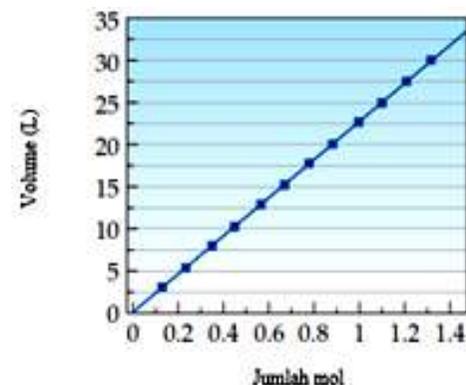
Hipotesis

Berdasarkan hipotesis Avogadro dapat kita ketahui bahwa pada keadaan STP, volume gas He, Xe dan CH₄ adalah 22,4L. Apakah ini berlaku untuk gas lain dan bagaimana volume gas pada keadaan tidak standar?

.....
.....

Koleksi dan Organisasi data Data

Anda imajinasikan balon sedang dipompa untuk memasukkan gas. Balon yang dipompa dapat mengembang karena jumlah partikel (atom atau molekul) di dalam balon tersebut bertambah, sehingga menyebabkan jumlah mol gas tersebut juga bertambah. Dengan kata lain, volume gas dan jumlah mol berbanding lurus (Gambar 40). Volume gas di dalam balon dapat dihitung menggunakan persamaan gas ideal.



Gambar 40. Hubungan Jumlah Mol dengan Volume Gas

Persamaan gas ideal adalah $PV = nRT$

Keterangan

- P = Tekanan (atm)
- V = Volume (Liter)
- n = Mol
- R = Konstanta gas ideal ($0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
- T = Suhu (K)

Pada penentuan volume molar gas, kita sering menentukannya pada keadaan STP (*Standard Temperatur and Pressure*). Keadaan standar (STP) adalah keadaan pada suhu 0°C dan tekanan 1 atm. Dengan menggunakan persamaan gas ideal, kita dapat menentukan volume molar gas dalam keadaan STP, perhatikan contoh berikut.

Hitunglah volume molar gas He pada keadaan standar!

Jawab:

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L.atm.mol}^{-1} \times 273 \text{ K}^{-1}}{1 \text{ atm}} = 22,4 \text{ Liter}$$

Berdasarkan contoh di atas, tentukanlah volume molar dari gas lainnya!

1. Volume 1 mol gas Cl_2 pada keadaan standar (STP)

Jawab:.....
.....
.....

2. Volume 1 mol gas CH_4 pada keadaan standar (STP)

Jawab:.....
.....
.....

3. Volume 1 mol gas N_2 pada keadaan standar (STP)

Jawab:.....
.....
.....

4. Volume 1 mol gas O_2 pada keadaan standar (STP)

Jawab:.....
.....
.....

5. Volume 1 mol gas H_2 pada keadaan standar (STP)

Jawab:.....
.....
.....

Untuk berbagai jenis gas, bagaimana volume 1 mol gas (volume molar gas) pada keadaan standar (STP)?

.....

.....

.....

Anda telah dapat menghitung berapa volume molar gas dalam keadaan standar (STP) menggunakan persamaan gas ideal. Bagaimana volume gas pada keadaan tidak standar? Dengan kata lain, berapakah volume gas yang diukur bukan pada suhu 0°C atau bukan pada 1 atm. Perhatikan contoh berikut ini.

Tentukanlah volume 1 mol gas He pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:

$$27^\circ\text{C} = 27 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K.}$$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{1 \text{ mol} \times 0,082 \text{ L. atm. mol}^{-1} \times 300 \text{ K}^{-1}}{1,5 \text{ atm}} = 16,4 \text{ Liter}$$

Berdasarkan contoh di atas, tentukanlah volume molar dari gas lainnya pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

1. Volume 1 mol gas Cl₂ pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:.....

.....

2. Volume 1 mol gas CH₄ pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:.....

.....

3. Volume 1 mol gas N₂ pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:.....

.....

4. Volume 1 mol gas O₂ pada suhu 27°C, dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:.....

.....

5. Volume 1 mol gas H₂ pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:.....

.....

6. Volume 1 mol gas CO₂ pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

Jawab:.....

.....

.....

Bagaimana volume molar gas pada suhu 27°C dan tekanan 1,5 atm?

.....

.....

.....Jadi, 1 mol gas = Liter

Nah, sekarang tahukah Anda hubungan antara massa zat, jumlah partikel dan volume gas? Hal ini dapat kita ketahui dengan melihat beberapa faktor konversi yang telah dijelaskan sebelumnya. Perhatikan contoh berikut ini:

1. Balon udara yang berisi gas helium (He) mempunyai volume 0,22 Liter pada tekanan 1 atm dan suhu 27°C. Berapakah massa He dalam 0,22 Liter gas He?

Diketahui :

1 mol He = 4 g He

Jawab:

Mol gas He menggunakan persamaan gas ideal,

$PV = nRT$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(1 \text{ atm}) \times (0,22 \text{ L})}{(0,082 \text{ L. atm. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times (300 \text{ K})}$$

$$= 0,008 \text{ mol}$$

0,008 mol He → ? g He

$$0,008 \text{ mol He} \times \frac{4 \text{ g He}}{1 \text{ mol He}} = 0,032 \text{ g He}$$

Dengan demikian, massa gas He dalam 0,22 Liter adalah 0,032 g.

2. Balon berisi gas karbon dioksida mempunyai volume 5,6 L pada tekanan 2 atm dan suhu 42°C. Hitunglah jumlah molekul CO₂ dalam 5,6 L gas CO₂?

Diketahui :

$$1 \text{ mol CO}_2 = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

Jawab:

Mol gas CO₂ menggunakan persamaan gas ideal,
 $PV = nRT$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(2 \text{ atm}) \times (5,6 \text{ L})}{(0,082 \text{ L. atm. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times (315 \text{ K})}$$

$$= 0,43 \text{ mol}$$

$$0,43 \text{ mol CO}_2 \rightarrow ? \text{ molekul CO}_2$$

$$0,43 \text{ mol CO}_2 \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 2,58 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

Dengan demikian, jumlah molekul CO₂ dalam 5,6 L gas CO₂ adalah $2,58 \times 10^{23}$.

3. Berapa volume (dalam Liter) yang ditempati oleh 7,40 g gas CO₂ pada STP?

$$7,40 \text{ g CO}_2 \text{ (STP)} \rightarrow ? \text{ mol CO}_2 \rightarrow ? \text{ L CO}_2$$

Diketahui :

$$1 \text{ mol CO}_2 = 44,01 \text{ g CO}_2$$

$$1 \text{ mol CO}_2 = 22,4 \text{ L (pada STP)}$$

Jawab:

$$7,40 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44,01 \text{ g CO}_2} \times \frac{22,4 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 3,77 \text{ L CO}_2$$

4. Balon berisi gas karbon dioksida (CO₂) mempunyai volume 5,6 L pada tekanan 2 atm dan suhu 42°C. Hitunglah jumlah atom O dalam 5,6 L gas CO₂.

Diketahui :

$$1 \text{ mol CO}_2 = 6,02 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

$$1 \text{ mol CO}_2 = 2 \text{ mol O}$$

Jawab:

Mol gas CO₂ menggunakan persamaan gas ideal,
 $PV = nRT$

$$n = \frac{PV}{RT} = \frac{(2 \text{ atm}) \times (5,6 \text{ L})}{(0,082 \text{ L. atm. mol}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times (315 \text{ K})} = 0,43 \text{ mol}$$

$$0,43 \text{ mol CO}_2 \rightarrow ? \text{ mol O} \rightarrow ? \text{ atom O}$$

$$0,43 \text{ mol CO}_2 \times \frac{2 \text{ mol O}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom O}}{1 \text{ mol O}}$$

$$= 5,18 \times 10^{23} \text{ molekul CO}_2$$

Dengan demikian, jumlah atom O pada molekul CO₂ dalam 5,6 L gas CO₂ adalah $5,18 \times 10^{23}$

Kesimpulan

Volume molar adalah.....

Latihan

1. Jelaskanlah pengertian volume molar gas?

Jawab.....
.....
.....

2. Jelaskanlah yang dimaksud dengan volume molar gas pada keadaan standar ! Berapakah volume molar gas pada keadaan standar (STP)?

Jawab.....
.....
.....

3. Hitunglah volume dan volume molar dari 0,5 mol, 1,5 mol, 2 mol, dan 2,5 mol gas He pada keadaan standar!

Jawab.....
.....
.....

4. Hitunglah volume dan volume molar dari 0,5 mol, 1,5 mol, 2 mol, dan 2,5 mol gas N₂ pada keadaan standar!

Jawab.....
.....
.....

5. Berdasarkan soal no.3 dan 4, bagaimanakah volume molar dari 0,5 mol, 1,5 mol, 2 mol, dan 2,5 mol gas He dan gas N₂ pada keadaan standar?

Jawab:.....
.....
.....

6. Bagaimanakah jumlah partikel suatu gas pada suhu, tekanan dan volume yang tetap?

Jawab :
.....

7. Apa yang dimaksud dengan volume molar gas pada keadaan tidak standar?

Jawab.....
.....
.....

8. Tentukanlah jumlah partikel dari:

a) 4 mol CaCl₂

b) 2,5 mol NH₃

Jawab.....
.....
.....

9. Suatu sampel mengandung gas 2 mol gas N₂ dan 2 mol gas He. Kedua gas ini diukur pada keadaan STP. Bagaimanakah jumlah partikel zat kedua zat ini?

Jawab.....
.....
.....

10. Suatu sampel NaCl mengandung $3,01 \times 10^{23}$ partikel Na⁺ dan $3,01 \times 10^{23}$ Cl⁻. Perhatikan struktur NaCl. Hitunglah jumlah mol sampel NaCl tersebut?

Jawab.....
.....
.....

11. Hitunglah massa molekul relatif dari:

a) H₂S

b) Cl₂

c) HCl

d) H₂O

Jawab.....
.....
.....

12. Perak (Ag) biasanya digunakan untuk perhiasan. Berapakah massa (dalam satuan gram) satu atom Ag?

Jawab.....

13.Seng (Zn) adalah logam yang digunakan sebagai campuran tembaga untuk membuat kuningan. Seng juga digunakan untuk melapisi besi guna mencegah korosi. Hitunglah massa Zn pada 0,856 mol Zn?

Jawab :

14.Kloroform dapat digunakan untuk membius kaca pada percobaan pembedahan kaca. Berapa mol dari 198 gram kloroform (CHCl₃)?

Jawab :

15.Belerang heksafluorida (SF₆) merupakan gas tak berwarna, tak berbau dan sangat tidak reaktif. Hitunglah volume 1,82 mol gas SF₆ pada keadaan standar (STP)?

Jawab :

16.Berapakah volume dari 8 gram gas SO₃ yang di ukur pada tekanan 1 atm dan suhu 27°C?

Jawab :

17.Gas CO merupakan gas beracun, tidak berwarna dan tidak berbau. Berapakah volume 1, 5 mol gas CO pada keadaan standar?

Jawab :

18.Lengkapilah tabel di bawah ini!

Lam-bang	Nama Zat	Jenis partikel	Ar Mr	Massa (g)	Jumlah Partikel	Mol	Volume (STP), L
Ca				6,5			
Zn						0,1	
H ₂					12,02 x 10 ²³		
N ₂							14
H ₂ O	Air					0,2	
NH ₃							17,92
HBr				7,6			
H ₂ S						0,4	
CH ₄				16			

19. Lengkapi paragraf di bawah ini

Satuan yang menyatakan jumlah zat dalam kimia adalah _____. Satu mol mempunyai jumlah partikel sebanyak _____. Bilangan ini dikenal sebagai bilangan _____. Satu mol besi dan satu mol sulfur mempunyai massa yang _____. Massa dalam satu mol zat disebut _____. Massa suatu atom dapat ditentukan dengan menggunakan alat _____. $1 \text{ sma} = \text{_____}$. Massa atom _____ dijadikan sebagai massa standar, karena _____.

Data yang diperoleh dari alat spektrometer massa adalah _____ dan _____. Berdasarkan data tersebut dapat ditentukan _____. Massa atom relatif (A_r) adalah _____. Hubungan antara A_r dengan massa molar unsur adalah _____.

Volume molar gas adalah _____. Ahli kimia yang menyatakan hubungan antara volume dengan mol gas pada tekanan (P) dan suhu (T) tertentu adalah _____. Menurut hipotesis _____ pada suhu dan tekanan _____, semua gas dengan volume _____, mengandung _____. Jika jumlah partikel bertambah, maka jumlah mol _____, dan volume gas _____. Pengukuran volume gas pada keadaan STP yaitu mengukur pada suhu _____ dan tekanan _____. Volume satu mol gas pada STP adalah _____.

2. Rumus Kimia

Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK):

- 3.10.1 Menentukan rumus empiris dari suatu senyawa berdasarkan unsur-unsur penyusunnya.
- 3.10.2 Menentukan rumus molekul dari suatu senyawa berdasarkan rumus empirisnya.
- 3.10.3 Menentukan rumus senyawa hidrat berdasarkan massa senyawa hidrat

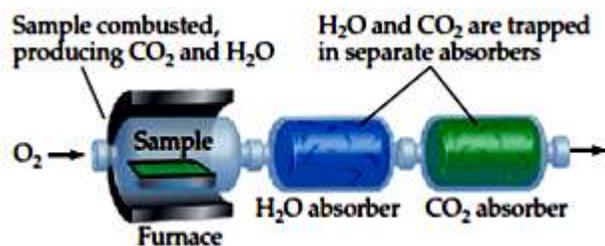
Observasi

Ahli kimia menggunakan rumus kimia (simbol kimia) untuk menyatakan komposisi pada senyawa molekul dan senyawa ion. Pada setiap rumus kimia suatu senyawa tidak hanya menyatakan unsur yang terdapat dalam suatu senyawa tetapi juga menyatakan perbandingan atom-atom yang berikatan. Pada bagian ini, terutama dibahas dua tipe rumus kimia yaitu **rumus molekul** dan **rumus empiris**. **Rumus senyawa ion** merupakan rumus empiris. Dengan demikian, kita mengenal rumus molekul, rumus empiris dan rumus senyawa ion. Selain itu kita mengenal juga rumus struktur

Pada kenyataannya kita dapat menghitung rumus empiris suatu senyawa jika kita mengetahui persen komposisinya yang diperoleh secara eksperimen. Langkah-langkah menentukan rumus empiris adalah menentukan massa setiap unsur yang terdapat pada suatu senyawa, kemudian merubah angka tersebut ke mol dari setiap unsur pada senyawa tersebut.

Bagaimana para ahli menentukan rumus empiris etanol menggunakan alat analisis pembakaran (Gambar 41) Ketika etanol dibakar dalam alat tersebut, CO_2 dan H_2O hasil pembakaran

diserap oleh absorben. Kenaikan massa absorben adalah massa CO₂ dan H₂O yang dihasilkan akibat pembakaran etanol.



Gambar 41. Alat Analisis Pembakaran
(Chang *et al.*, 2011:98)

Suatu eksperimen pembakaran 11,5 g etanol menghasilkan 22 g CO₂ dan 13,5 gram H₂O. Kita dapat menghitung massa karbon dan hidrogen yang berasal dari 11,5 g sampel ;

$$\begin{aligned} \text{mass of C} &= 22.0 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44.01 \text{ g CO}_2} \times \frac{1 \text{ mol C}}{1 \text{ mol CO}_2} \times \frac{12.01 \text{ g C}}{1 \text{ mol C}} \\ &= 6.00 \text{ g C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mass of H} &= 13.5 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18.02 \text{ g H}_2\text{O}} \times \frac{2 \text{ mol H}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \times \frac{1.008 \text{ g H}}{1 \text{ mol H}} \\ &= 1.51 \text{ g H} \end{aligned}$$

Dengan demikian, 11,5 g etanol mengandung 6,00 g C dan 1,51 H, tentu,

$$\begin{aligned} \text{massa oksigen} &= \text{massa sampel} - (\text{massa C} + \text{massa H}) \\ &= 11,5 \text{ g} - (6,00 \text{ g} + 1,51 \text{ g}) = 4,06 \end{aligned}$$

Jumlah mol C H dan O adalah sebagai berikut :

$$\text{moles of C} = 6.00 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12.01 \text{ g C}} = 0.500 \text{ mol C}$$

$$\text{moles of H} = 1.51 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1.008 \text{ g H}} = 1.50 \text{ mol H}$$

$$\text{moles of O} = 4.0 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16.00 \text{ g O}} = 1.25 \text{ mol O}$$

Subscript pada rumus kimia harus bilangan bulat dan sederhana. Oleh sebab itu, angka mol di atas dibagi dengan angka terkecil yaitu 0,25. Oleh sebab itu rumus empiris etanol adalah C₂H₆O. Kata “**empiris**” pada rumus empiris dapat diartikan berdasarkan “**observasi dan pengukuran**”. Dengan demikian, rumus empiris ditentukan dari analisis komposisi unsur penyusun senyawa secara eksperimen.

Bagaimana menentukan rumus molekul? Data persen komposisi massa selalu menghasilkan rumus empiris karena *subscript* pada rumus empiris selalu bilangan terkecil dan bulat. Untuk menentukan rumus molekul kita harus mengetahui massa molar perkiraan dari senyawa tersebut di samping rumus empirisnya. Kita dapat menggunakan massa molar untuk menemukan rumus molekul.

Hipotesis

Rumus empiris suatu senyawa ditentukan melalui percobaan analisis pembakaran. Menurut Anda berdasarkan data apakah penentuan rumus empiris dari percobaan analisis pembakaran? Tuliskan hipotesis anda berdasarkan penjelasan di atas

.....
.....

Koleksi dan Organisasi Data

Rumus Empiris

Kita dapat menentukan rumus empiris suatu senyawa jika kita mengetahui persen komposisi unsur penyusun senyawa tersebut melalui percobaan. Berapa persen unsur penyusun suatu senyawa? Apakah ada kaitan antara persen komposisi unsur penyusunnya dengan *subscript* pada suatu simbol kimia? Perhatikan struktur molekul air dengan simbol kimia H₂O.

Pada H₂O, *subscript* H adalah _____
subscript O adalah _____

Apakah makna *subscript* pada rumus kimia?

Lengkapilah tabel di bawah ini

molekul H ₂ O	atom H	atom O
1 molekul H ₂ O	__ atom H	__ atom O
10 molekul H ₂ O	20 atom H	__ atom O
100 molekul H ₂ O	_____	_____
1 lusin molekul H ₂ O	_____	_____
1 mol H ₂ O	__ mol H	__ mol O
2 mol H ₂ O	__ mol H	__ mol O
18 g H ₂ O	__ g H	__ g O
% massa)	$\frac{\dots}{18} \times 100\% = 11,1 \%$	$\frac{\dots}{18} \times 100\% = 88,89 \%$

Dari data tersebut

1. Apakah *subscript* pada rumus senyawa merupakan bilangan bulat dan sederhana ?

.....

2. Menunjukkan apakah *subscript* pada rumus empiris atau rumus molekul ?

.....

3. Apakah hubungan antara persen massa komposisi unsur pada rumus empiris suatu senyawa dengan *subscript*nya?

.....

Perhatikan contoh berikut

Air mengandung 11,1 % H, dan 88,89% O. Tentukanlah rumus empirisnya!

Jawab

Massa unsur penyusunnya, jika massa air 100 g

$$H = \frac{11,1}{100} \times 100 \text{ gram} = \dots, \text{ g}$$

$$O = \frac{88,89}{100} \times 100 \text{ gram} = \dots, \text{ g}$$

Mol masing-masing unsur

$$\text{mol H} = \dots \text{ g H} \times \frac{\dots \text{ mol H}}{\dots \text{ g H}} = \dots \text{ mol H}$$

$$\text{mol O} = \dots \text{ g O} \times \frac{\dots \text{ mol O}}{\dots \text{ g O}} = \dots \text{ mol O}$$

Subscript merupakan bilangan bulat dan sederhana, tentu.

$$\text{Subscript H} = \frac{11,1 \text{ mol}}{5,55 \text{ mol}} = 2$$

$$\text{Subscript O} = \frac{5,55 \text{ mol}}{5,55 \text{ mol}} = 1$$

Dengan demikian, rumus empiris air adalah H₂O.

Silahkan Anda dilengkapi jawaban di bawah ini!

Suatu senyawa dianalisis mengandung 40% C, 6,67% H, dan 53,5% O. Tentukanlah rumus empiris senyawa tersebut?

Jawab

Massa unsur penyusunnya, jika massa senyawa 100 g

$$\text{C} = \frac{40}{100} \times \dots \text{ gram} = \dots \text{ gram}$$

$$\text{H} = \frac{\dots}{100} \times 100 \text{ gram} = \dots \text{ gram}$$

$$\text{O} = \frac{\dots}{\dots} \times \dots \text{ gram} = \dots \text{ gram}$$

Mol masing-masing unsur tersebut

$$\text{mol C} = \dots \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{\dots \text{ g C}} = \dots \text{ mol C}$$

$$\text{mol H} = \dots \times \frac{1 \text{ mol H}}{\dots \text{ g H}} = \dots \text{ mol H}$$

$$\text{mol O} = \dots \times \frac{1 \text{ mol O}}{\dots \text{ g O}} = \dots \text{ mol O}$$

Subscript merupakan bilangan bulat dan sederhana, tentu.

$$\text{Subscript C} = \frac{\dots \text{ mol}}{\dots \text{ mol}} = \dots$$

$$\text{Subscript H} = \frac{\dots \text{ mol}}{\dots \text{ mol}} = \dots$$

$$\text{Subscript O} = \frac{\dots \text{ mol}}{\dots \text{ mol}} = \dots$$

Rumus empiris dari senyawa tersebut adalah

Rumus Senyawa Ion

Bagaimana cara menentukan rumus senyawa ion? Rumus senyawa ion merupakan rumus empiris, karena perbandingan ion-ion yang terikat pada senyawa ion merupakan perbandingan terkecil. Perhatikan struktur NaCl (Gambar 35.c). Pada kenyataannya, setiap ion Na⁺ dikelilingi oleh enam ion Cl⁻. Begitu juga dengan ion Cl⁻, Setiap ion Cl⁻ dikelilingi oleh enam ion Na⁺. Perbandingan paling sederhana Na⁺ dan Cl⁻ adalah 1:1. Jumlah muatan senyawa nol. Dengan demikian rumus empirisnya adalah NaCl.

Tentukanlah rumus senyawa ionik

1. Kalium Iodida
.....
2. Tembaga Oksida
.....
3. Aluminium Oksida
.....

Menurut Anda, menunjukkan perbandingan apakah *subscript* pada rumus empiris tersebut?

.....
.....

Rumus Molekul

Jika kita mengetahui massa molar suatu senyawa, kita dapat menggunakan rumus empiris untuk memperoleh rumus molekul. Rumus molekul menyatakan jumlah sesungguhnya atom yang terikat pada sebuah molekul. Dalam beberapa kasus, seperti air (H_2O), amonia (NH_3), dan metana (CH_4) memiliki rumus empiris dan molekul yang sama, tetapi dalam banyak senyawa rumus molekul adalah kelipatan dari rumus empiris.

Hidrogen peroksida, H_2O_2 merupakan cairan bening agak kental dari air. Hidrogen peroksida bersifat oksidator kuat sehingga disimpan di dalam botol coklat (Gambar 42). Berapa jumlah atom hidrogen dan atom oksigen pada satu molekul hidrogen? Pada setiap molekul H_2O_2 terikat ___ atom hidrogen dan ___ atom oksigen. Dengan demikian rumus molekul hidrogen peroksida adalah ____, sedangkan rumus empirisnya adalah ____.



Gambar 42. Peroksida dan Struktur Molekulnya

Rumus molekul dapat diperoleh jika diketahui massa molarnya. Massa molar H_2O_2 (34,02 g/mol) dan massa molar rumus empiris (17,01g/mol) diperoleh bilangan bulat. Perbandingan massa molar molekul H_2O_2 dengan massa molar rumus empiris HO adalah 34,02 g/mol: 17,01 g/mol = 2. Dengan demikian, rumus molekulnya adalah $(\text{HO})_2 = \text{H}_2\text{O}_2$.

Perhatikan contoh berikut ini!

Selama aktivitas fisik berlebihan, asam laktat (massa molar = 90g/mol) dapat dihasilkan pada jaringan otot akibat kekurangan oksigen. Hasil analisis unsur menunjukkan bahwa senyawa ini mengandung 40% C, 6,71% H, dan 53,3% O. Tentukanlah rumus molekul senyawa tersebut!

Jawab:

- o Massa unsur penyusunnya pada 100 gram senyawa,

$$\text{C} = \frac{40}{100} \times 100 \text{ gram} = 40 \text{ gram}$$

$$\text{H} = \frac{6,71}{100} \times 100 \text{ gram} = 6,71 \text{ gram}$$

$$\text{O} = \frac{53,3}{100} \times 100 \text{ gram} = 53,3 \text{ gram}$$

- o Mol unsur penyusun senyawa

$$\text{mol C} = 40 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12 \text{ g C}} = 3,33 \text{ mol C}$$

$$\text{mol H} = 6,71 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1 \text{ g H}} = 6,71 \text{ mol H}$$

$$\text{mol O} = 53,3 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16 \text{ g O}} = 3,33 \text{ mol O}$$

- o *Subscript* unsur penyusun pada senyawa.

$$\text{Subscript C} = \frac{3,33 \text{ mol}}{3,33 \text{ mol}} = 1$$

$$\text{Subscript H} = \frac{6,71 \text{ mol}}{3,33 \text{ mol}} = 2,0$$

$$\text{Subscript O} = \frac{3,33 \text{ mol}}{3,33 \text{ mol}} = 1$$

Dengan demikian, rumus empiris senyawa adalah CH_2O .

Massa molar senyawa 90 g/mol tentu $(\text{CH}_2\text{O})_n = 90 \text{ g/mol}$
 $\{(12 \times 1) + (1 \times 2) + (1 \times 16)\}n = 90, \quad 30 n = 90, \text{ tentu } n = 3$

Dengan demikian, rumus molekul senyawa adalah
 $(\text{CH}_2\text{O})_3 = \text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

Silahkan Anda kerjakan soal berikut !

Suatu senyawa dianalisa mengandung 2,38% H, 42,86% C, 16,67% N, dan 38,09% O. Senyawa tersebut memiliki massa molar 168 g/mol. Tentukanlah rumus molekulnya !

Jawab :

- o Massa unsur penyusunnya pada 100 gram senyawa,
 Massa H = 2,38 % x 100 gram = 2,38 g
 Massa C = =
 Massa N = =
 Massa O = =

- o Mol unsur penyusun senyawa.

$$\text{mol H} = \dots \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{\dots \text{ g H}} = \dots \text{ mol H}$$

$$\text{mol C} = 42,86 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{\dots \text{ g C}} = \dots \text{ mol C}$$

$$\text{mol N} = \dots \text{ g N} \times \frac{1 \text{ mol N}}{\dots \text{ g N}} = \dots \text{ mol N}$$

$$\text{mol O} = 38,09 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{\dots \text{ g O}} = \dots \text{ mol O}$$

- o *Subscript* unsur penyusun pada senyawa.

$$\text{Subscript C} = \frac{\dots \text{ mol}}{\dots \text{ mol}} = \dots$$

$$\text{Subscript H} = \frac{\dots \text{ mol}}{\dots \text{ mol}} = \dots$$

$$\text{Subscript N} = \frac{\dots \text{ mol}}{\dots \text{ mol}} = \dots$$

$$\text{Subscript O} = \frac{\dots \text{ mol}}{\dots \text{ mol}} = \dots$$

Rumus empiris dari senyawa tersebut adalah

Massa molar empiris = g/mol.

- o Dengan demikian, rumus molekul senyawa adalah.....

Rumus Senyawa Hidrat

Pernahkan Anda mendengar “senyawa hidrat”? Senyawa hidrat adalah senyawa yang mengikat molekul air, misalnya $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Apa arti $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$? Tiap satuan formula CuSO_4 terikat 5 molekul air, atau setiap 1 mol CuSO_4 terikat 5 mol H_2O . Pengikatan air pada senyawa hidrat dapat merubah warna senyawa tersebut, misalnya $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ berwarna biru, sedangkan CuSO_4 berwarna putih (Gambar 43).



Gambar 43. $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (Biru) dan CuSO_4 (Putih)
 (Chang *et al*, 211:68)

Perhatikanlah contoh berikut!

Senyawa hidrat sebanyak 5 gram dipanaskan sampai semua air kristalnya menguap dan membentuk padatan CuSO_4 . Padatan CuSO_4 yang terbentuk memiliki massa 3,2 gram. Tentukan rumus senyawa hidratnya!

- o Massa air yang menguap.
 Massa air = massa senyawa hidrat - massa CuSO_4 .
 Massa air = 5 gram - 3,2 gram = 1,8 gram.

- o Mol CuSO_4 dan mol air

$$\text{Mol CuSO}_4 = 3,2 \text{ gram} \times \frac{1 \text{ mol}}{159,5 \text{ gram}} = 0,02 \text{ mol}$$

$$\text{Mol H}_2\text{O} = 1,8 \text{ gram} \times \frac{1 \text{ mol}}{18 \text{ gram}} = 0,1 \text{ mol}$$

- o Perbandingan mol CuSO_4 dan mol H_2O
 $\text{mol CuSO}_4 : \text{mol H}_2\text{O} = 0,02 \text{ mol} : 0,1 \text{ mol} = 1:5$
- o Dengan demikian, rumus senyawa hidrat adalah $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Silahkan Anda selesaikan soal berikut ini !

Kristal garam ($\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 24,6 gram dipanaskan sehingga menghasilkan 12 gram MgSO_4 . Tentukanlah rumus kristal garam tersebut.

- o Massa air yang menguap dari kristal garam
 Massa air = ____ g - ____ g = ____ gram.
- o Jumlah mol padatan (MgSO_4) dan mol air

$$\text{Mol MgSO}_4 = \dots\dots\dots\text{g} \times \frac{1 \text{ mol MgSO}_4}{\dots\dots\dots\text{g MgSO}_4} = \dots\dots\dots\text{MgSO}_4$$

$$\text{Mol H}_2\text{O} = \dots\dots\dots\text{g} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 0,1 \text{ mol H}_2\text{O}$$

- o Perbandingan mol CuSO_4 dan mol H_2O
 $\text{mol MgSO}_4 : \text{mol H}_2\text{O} = ___ : ___$
- o Oleh sebab itu, rumus senyawa hidratnya

Kesimpulan

Rumus empiris adalah.....

 Rumus molekul adalah.....

 Rumus senyawa hidrat adalah.....

Latihan

1. Berdasarkan hasil analisis, suatu senyawa diketahui mengandung 26,57% kalium, 35,36% kromium dan 38,07% oksigen. Tentukanlah rumus empiris senyawa tersebut !

Jawab.....

2. Senyawa yang mengandung gas mulia pertamakali ditemukan tahun 1962. Komposisi senyawa tersebut adalah 30%Xe, 44%Pt, dan 26%F. Tentukanlah rumus empiris senyawa tersebut !

Jawab.....

3. Suatu senyawa mengandung 1,52 g Nitrogen 3,47 g Oksigen. Massa molekul dari senyawa ini diketahui antara 90 dan 95 amu. Tentukanlah rumus molekul dari senyawa ini !

Jawab :

4. Suatu senyawa mengandung 6,444 g Boron dan 1,803 g Hidrogen. Massa molekul senyawa sekitar 30 amu. Tentukanlah rumus molekul senyawa ini !

Jawab:.....

5. Monosodium glutamat (MSG), zat penambah rasa makanan dinyatakan sebagai penyebab "sindrom restoran cina" dengan gejala sakit kepala dan nyeri dada. MSG mempunyai komposisi massa sebagai berikut: 35,51% C, 4,77% H, 37,85% O, 8,29% N, dan 13,60% Na. Bagaimanakah rumus molekulnya jika massa molarnya sekitar 169 g?

Jawab :

6. Apakah rumus empiris senyawa yang mempunyai komposisi sebagai berikut:

a) 2,1% H, 65,3% O, 32,6% S

b) 20,2% Al, 79,8% Cl

Jawab.....

7. Sebanyak 12,2 gram $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ dipanaskan sehingga menghasilkan padatan yang massanya 10,4 gram. Tentukanlah nilai x dari senyawa hidrat tersebut !

Jawab :

8. Sebanyak 5,0 g hidrat dari tembaga(II) sulfat dipanaskan sampai semua air kristalnya menguap. Jika massa anhidrat tembaga(II) sulfat yang terbentuk adalah 3,20 g, tentukanlah rumus hidrat senyawa tersebut! (A_r Cu= 63,5, S=32, O=16, H=1).

Jawab :

9. Sebanyak 10 gram hidrat besi(II) sulfat dipanaskan sehingga semua air kristalnya menguap. Massa zat padat yang tersisa adalah 5,47 gram. Bagaimanakah rumus senyawa hidrat? (A_r H=1, O=16, S=32, Fe=56)

Jawab:.....

10. Isilah tabel di bawah ini !

Senyawa	M_r	Komposisi unsur (%massa)	
		% N	% O
N_2O	44		
NO	30		
NO_2	46		
N_2O_3	76		
N_2O_4	92		
N_2O_5	108		

3. Satuan Konsentrasi Zat

Indikator Pencapaian Kompetensi

4.10.7. Menghitung konsentrasi zat dalam satuan % massa, ppm, m, M dan fraksi mol dari suatu campuran berdasarkan data yang diberikan

Observasi

Pernahkah Anda melihat cairan infus larutan NaCl 0.9% ? (Gambar 44) Larutan NaCl 0.9% merupakan larutan steril untuk injeksi intravena yang digunakan untuk pengobatan dehidrasi isotonik ekstraseluler. Apa arti angka 0,9% NaCl? Angka ini menunjukkan konsentrasi dari larutan NaCl pada cairan infus tersebut. Apa maksud dari angka tersebut?



Gambar 44. Cairan Infus, Larutan NaCl 0,9%

Hipotesis

Berdasarkan informasi di atas, apakah yang dimaksud dengan konsentrasi? Bagaimana cara menafsirkan konsentrasi suatu larutan. Tulislah hipotesis Anda berdasarkan penjelasan di atas

Koleksi dan Organisasi Data

Satuan konsentrasi larutan yang sering digunakan antara lain:

Persen massa

$$\% \text{ massa} = \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 100\%$$

Perhatikan contoh berikut ini:

NaCl sebanyak 0,025 gram NaCl dilarutkan ke dalam 50 gram air. Berapakah % massa NaCl dalam larutan tersebut?

Jawab:

$$\begin{aligned} \% \text{ NaCl} &= \frac{\text{massa zat terlarut}}{\text{massa larutan}} \times 100\% = \\ &= \frac{0,025 \text{ gram}}{0,025 \text{ gram} + 50 \text{ gram}} \times 100\% = 0,05\% \end{aligned}$$

Persen massa juga digunakan untuk mengetahui kadar unsur dalam suatu senyawa. Berapakah kadar (persen massa) hidrogen dan oksigen pada air, H₂O?

$$\% \text{H} = \frac{2 \text{ g/mol}}{34,02 \text{ g/mol}} \times 100\% = 5,87\%$$

$$\% \text{O} = \frac{32 \text{ g/mol}}{34,02 \text{ g/mol}} \times 100\% = 94,06\%$$

Persen volume

$$\% \text{ volume} = \frac{\text{volume zat terlarut}}{\text{volume larutan}} \times 100\%$$

Perhatikan contoh berikut ini:

Berapa mL alkohol yang terlarut dalam 50 mL larutan alkohol 25%?

Jawab:

$$25\% \text{ alkohol} = \frac{25 \text{ mL alkohol}}{100 \text{ mL larutan}}$$

$$\text{Volume alkohol } 25\% \times 50 \text{ mL} = 12,5 \text{ mL}$$

ppm (*part per million*)

Part per million, ppm menyatakan jumlah zat terlarut yang terdapat dalam setiap satu juta larutan. Sangat kecil bukan? Untuk larutan yang sangat encer digunakan satuan konsentrasi ppm. Satu ppm ekuivalen dengan 1 mg zat terlarut dalam 1 kg larutan. Secara matematis satuan ppm dapat kita tulis:

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg zat terlarut}}{\text{kg larutan}}$$

Perhatikan soal berikut ini.

Kadar gas metana di udara maksimum hanya diperbolehkan sebesar 0,0002% (% massa). Berapakah kadar gas metana tersebut jika dinyatakan dalam satuan ppm?

Jawab:

Kadar gas metana dalam satuan ppm adalah:

$$\text{ppm} = \frac{0,0002 \text{ mg metana}}{100 \text{ mg larutan}} \times \frac{1.000.000 \text{ mg larutan}}{1 \text{ kg larutan}} = 2 \text{ ppm}$$

Molaritas (M)

Molaritas = mol zat terlarut per Liter larutan

Perhatikan contoh berikut ini:

Jika 80 gram NaOH dilarutkan dalam air menjadi 1 L larutan. Tentukanlah molaritas dari larutan NaOH tersebut?

Diketahui :

1 mol NaOH = 40 g NaOH

Jawab :

80 g NaOH → ? mol NaOH

$$\begin{aligned} 80 \text{ g NaOH} \times \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} &= 2 \text{ mol NaOH} \\ &= \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{Liter larutan}} = \frac{2 \text{ mol}}{1 \text{ L}} = 2 \text{ M} \end{aligned}$$

Molalitas (m)

$$\text{molalitas} = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{kg pelarut}}$$

Perhatikan contoh berikut ini:

Jika 37 g metil alkohol (CH₃OH) dilarutkan ke dalam 1750 g air. Tentukanlah molalitas larutan yang terbentuk!

Diketahui :

1 mol CH₃OH = 32 g CH₃OH

Jawab:

37 g CH₃OH → ? mol CH₃OH

$$37 \text{ g CH}_3\text{OH} \times \frac{1 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{32 \text{ g CH}_3\text{OH}} = 1,15 \text{ mol CH}_3\text{OH}$$

$$m = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{massa pelarut (kg)}} = \frac{1,15 \text{ mol CH}_3\text{OH}}{1,75 \text{ kg H}_2\text{O}} = 0,65 \text{ molal}$$

Fraksi mol

$$\text{fraksi mol A} = \frac{\text{mol zat A}}{\text{jumlah mol semua komponen}}$$

Perhatikan contoh berikut ini:

Hitunglah fraksi mol glukosa (C₆H₁₂O₆) dalam larutan gula 36% jika diketahui M_r glukosa = 180, M_r = 18.

Diketahui :

1 mol C₆H₁₂O₆ = 180 g

Jawab:

Larutan gula 36% artinya gula 36 g, air 64 g

36 g C₆H₁₂O₆ → ? mol C₆H₁₂O₆

$$36 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \times \frac{1 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6}{180 \text{ g C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 0,2 \text{ mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$$

$$64 \text{ g H}_2\text{O} \times \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 3,55 \text{ mol H}_2\text{O}$$

Fraksi mol glukosa

$$\text{fraksi mol C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = \frac{0,2 \text{ mol}}{0,2 \text{ mol} + 3,55 \text{ mol}} = 0,05$$

Kesimpulan

Satuan konsentrasi adalah

.....

Satuan konsentrasi dapat berupa.....

.....

Latihan

1. Asam posfat (H_3PO_4) adalah cairan tidak berwarna yang digunakan untuk membuat sabun cuci, pupuk, dan pasta gigi. Hitunglah persen massa dari H, P, dan O dalam senyawa ini.

Jawab:.....

.....

.....

2. Berapakah kadar gula dalam larutan yang dibuat dengan mencampurkan 5 g gula dalam 95 g air?

Jawab:.....

.....

.....

3. Alkohol sebanyak 70 mL dilarutkan dalam air sehingga volume larutan menjadi 100 mL. Berapakah kadar alkohol dalam larutan tersebut?

Jawab:.....

.....

.....

4. Berapa mL air ditambahkan ke dalam 30 mL larutan alkohol 30% agar diperoleh larutan alkohol 10%?

Jawab:.....

.....

.....

5. Berapa mL air ditambahkan ke dalam 30 mL larutan alkohol 90% agar diperoleh larutan alkohol 70%?

Jawab:.....

.....

.....

6. Kadar gas metana di udara diperbolehkan maksimum hanya 0.0004%. Berapakah kadar gas metana tersebut jika dinyatakan dalam ppm?

Jawab:.....

.....

7. Dalam udara kering yang bersih terdapat gas karbon dioksida sebanyak 0,03%. Nyatakan kadar tersebut dalam ppm !

Jawab:.....
.....
.....

8. Tentukanlah Molaritas larutan :

0,75 mol urea dalam 3 Liter larutan urea

0,75 g urea dalam 3 Liter larutan urea

0,24 mol NaOH dalam 400 mL larutan NaOH

4 g NaOH dalam 400 mL larutan NaOH

Jawab:.....
.....
.....

9. Glukosa ($C_6H_{12}O_6$) sebanyak 54 gram dilarutkan dalam 400 gram air. Berapakah kemolalan larutan yang terbentuk?

Jawab:.....
.....
.....

10. Tentukanlah fraksi mol zat terlarut dan zat pelarut pada larutan 3 gram (CH_3COOH) dalam 120 gram air !

Jawab:.....
.....
.....

11. Tentukanlah fraksi mol H_2SO_4 dalam larutan yang mengandung 0,5 mol H_2SO_4 dalam 1 kg H_2O !

Jawab:.....
.....
.....

Pilihan ganda

1. Mol merupakan satuan yang menyatakan jumlah partikel. Jumlah partikel yang terdapat dalam 1 mol setara dengan jumlah partikel yang terdapat dalam . . .

- A. $6,02 \times 10^{23}$ gram atom C-12
- B. 1 gram atom C-12
- C. 12 gram atom C-12
- D. $1,99 \times 10^{-26}$ gram atom C-12
- E. $1,66 \times 10^{-24}$ gram atom C-12

2. Jumlah mol yang terdapat di dalam 4 gram CH_4 (A_r C =12, H=1) adalah..

- A. 4 mol
- B. 2 mol
- C. 1 mol
- D. $\frac{1}{2}$ mol
- E. $\frac{1}{4}$ mol

3. Jumlah atom yang terdapat dalam 0,5 mol hidrogen adalah

- A. $6,02 \times 10^{22}$ atom
- B. $3,01 \times 10^{22}$ atom
- C. $3,01 \times 10^{23}$ atom
- D. $6,02 \times 10^{23}$ atom
- E. $12,04 \times 10^{23}$ atom

4. Berapakah massa air (H_2O) jika diketahui jumlah molekul air penyusunnya sebanyak $3,01 \times 10^{23}$? (A_r H =1, O =16) . . .

- A. 72 gram
- B. 36 gram
- C. 18 gram
- D. 9,0 gram
- E. 4,5 gram

5. Berapakah volume dari 0,25 mol gas CH_4 yang di ukur pada suhu $0^\circ C$ dan tekanan 1 atm . . .

- A. 22,4 L
- B. 11,2 L
- C. 5,6 L
- D. 44,8 L
- E. 9,6 L

14. Sebanyak 12,2 gram $\text{BaCl}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ dipanaskan sehingga menghasilkan padatan yang massanya 10,4 gram. Nilai x dalam hidrat tersebut adalah ...

(Ar H = 1, O = 16, Cl = 35,5, Ba = 137,3)

- A. 2
- B. 3
- C. 4
- D. 5
- E. 7

15. Kristal garam ($\text{MgSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$) sebanyak 24,6 gram dipanaskan sehingga menghasilkan 12 gram MgSO_4 . Rumus kristal garam tersebut adalah ...

- A. $\text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
- B. $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
- C. $\text{MgSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
- D. $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
- E. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

16. KCl sebanyak 0,892 gram dilarutkan ke dalam 54,6 gram air. Berapakah % massa KCl dalam larutan tersebut...

- A. 0,6 %
- B. 1,61 %
- C. 25 %
- D. 6,1 %
- E. 0,025 %

17. Jumlah air yang harus ditambahkan ke dalam 20 mL larutan alkohol 15% agar diperoleh larutan alkohol 5%

- A. 60 mL
- B. 15 mL
- D. 30 mL
- E. 25 mL

18. Jika 80 gram NaOH dilarutkan ke dalam air kemudian diencerkan menjadi 1 liter larutan. Tentukanlah molaritas dari larutan NaOH tersebut !

- A. 1 M
- D. 4 M

- B. 2 M
- C. 3 M
- E. 5 M

19. Jika 37 g metil alkohol (CH_3OH) dilarutkan ke dalam 1750 g air. Tentukanlah molalitas larutan yang terbentuk !

- A. 2 molal
- B. 0,05 molal
- C. 5 molal
- D. 2,5 molal
- E. 0,680 molal

20. Jika diketahui M_r glukosa = 180, M_r air = 18, tentukanlah fraksi mol glukosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) dalam larutan gula 36% !

- A. 0,05
- B. 0,8
- C. 0,9
- D. 0,11
- E. 1,5

BAB V

Cara Faktor-Label dan Cara Rumus pada Konsep Mol

Konsep mol adalah konsep yang sangat penting dalam Ilmu Kimia. Konsep mol merupakan jembatan yang menghubungkan dunia mikroskopik seperti atom, molekul, ion dengan dunia makroskopik seperti unsur dan senyawa. Konsep mol merupakan titik pusat semua perhitungan dalam ilmu kimia (Anshory, 1986). Konsep ini digunakan pada sebagian besar kimia yang berhubungan dengan perhitungan seperti stoikiometri, larutan, kinetika kimia dan kesetimbangan kimia. Pemecahan masalah yang berhubungan dengan perhitungan (angka) untuk kebanyakan siswa sering merupakan bagian yang paling sulit dari ilmu Kimia (Brady *et al*, 2012).

Konsep mol merupakan salah satu materi yang dimuat pada kurikulum kimia SMU 1975, 1984, 1994 sampai kurikulum 2013. Konsep mol juga dipelajari pada matakuliah Kimia Dasar di Perguruan Tinggi. Konsep mol diharapkan dapat dipahami lebih dahulu sebelum hubungan kuantitatif dalam suatu persamaan reaksi kimia dipelajari. Hal ini karena konsep mol adalah ukuran dasar untuk menghubungkan secara kuantitatif dari reaktan ke produk dalam suatu reaksi kimia dan konsep mol membuat

semua perhitungan stoikiometri menjadi lebih jelas (Goates, *et al* 1981). Dengan demikian, pemahaman konsep mol yang baik akan mempermudah mempelajari stoikiometri, larutan, kinetika dan kesetimbangan kimia sebagai materi lanjutannya.

Pemahaman konsep mol dapat dilakukan melalui dua pendekatan. Pendekatan pertama adalah dengan **cara faktor-label** dan pendekatan kedua adalah dengan **cara rumus**. Cara faktor-label diistilahkan juga dengan analisis dimensional (Denniston, *et.all*, 2004). Pada cara ini digunakan satu atau lebih faktor konversi. Sebuah faktor konversi merupakan hubungan antara dua satuan atau kuantitas yang dinyatakan dalam bentuk pecahan (Williams, 2003).

Tiap faktor konversi berperan untuk mengubah suatu satuan ke satuan yang lain. Penggunaan faktor konversi mengandalkan pada dua kebenaran yang berhubungan dengan matematika: (1) Persamaan apa saja dapat dirubah ke pecahan yang sama dengan satu; (2) Jumlah yang sama pada pembilang dan penyebut dari pecahan dapat dicoret (Kroschwitz dan Winokur, 1985). Cara faktor-label merupakan cara pemecahan soal perhitungan yang selalu menuliskan angka diikuti dengan satuannya. Banyak perhitungan yang ditemui dalam kimia dapat diselesaikan dengan baik sekali menggunakan cara ini (Wolve, 1984).

Cara rumus merupakan cara yang menggunakan satu atau lebih rumus. Pada cara ini, siswa hanya memasukkan data angka dari soal ke rumus. Dengan cara rumus memungkinkan siswa menjawab soal konsep mol yang memerlukan lebih dari dua rumus, langkah demi langkah yang tiap langkahnya terpisah. Rumus yang digunakan pada cara ini mungkin berasal dari proses induksi data kuantitatif atau deduksi matematika dari konsep-konsep yang berhubungan.

Penjelasan materi konsep mol dengan cara faktor-label dan cara rumus merupakan dua cara penjelasan yang dapat ditemui pada buku-buku kimia. Penjelasan materi konsep mol dengan cara faktor-label umumnya ditemui pada buku kimia berbahasa Inggris, sedangkan penjelasan materi konsep mol dengan cara rumus ditemui pada buku kimia berbahasa Indonesia yang bukan buku terjemahan. Kedua cara pada buku-buku ini dapat digunakan untuk mempelajari konsep mol karena keduanya memberikan hasil yang benar. Dengan kata lain, kedua cara di atas dapat digunakan secara bebas.

Meskipun cara faktor-label dan cara rumus dapat digunakan untuk mempelajari materi konsep mol, namun yang menjadi pertanyaan adalah cara manakah yang memberikan hasil belajar yang lebih tinggi. Untuk menjawab pertanyaan tersebut, penulis menganalisis kedua cara dari segi teori belajar, penalaran dan hasil penelitian yang relevan. Oleh sebab itu, pada bab ini dimuat : pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label dan cara rumus diikuti dengan ulasan persamaan dan perbedaan kedua cara; teori belajar dan penalaran yang terkait dengan pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label dan cara rumus; serta penelitian yang relevan. Hasil analisis diharapkan dapat memberikan informasi tentang cara pembelajaran konsep mol yang lebih baik sehingga memberikan hasil belajar yang lebih baik pula.

Pembelajaran Konsep Mol dengan Cara Faktor-label dan Cara Rumus

Topik-topik materi konsep mol menurut kurikulum berbasis kompetensi dan kurikulum kimia SMU 1994, kurikulum 2013 pada prinsipnya tidak berbeda. Keduanya berisikan hukum perbandingan volume (Hukum Gay Lussac), bilangan Avogadro,

massa molar dan volume molar. Pembahasan berikut akan meninjau masing-masing topik dengan cara faktor-label dan cara rumus.

1. Konsep Mol dengan Cara Faktor-label

Faktor konversi dapat berasal dari sebuah persamaan atau dari sebuah perbandingan (Brady *et al.*, 2012). Faktor konversi yang berasal dari sebuah persamaan diperoleh dengan membagi ke dua sisi persamaan dengan salah satu kuantitasnya.

Contoh : 1 m = 100 cm

Bila persamaan dibagi 100 cm, maka $\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1$ dan bila

dibagi dengan 1 m, maka $1 = \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$.

Dengan demikian, $\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 1$, dan $1 = \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}}$

merupakan faktor konversi dari 1 m = 100 cm

Faktor konversi yang berasal dari sebuah perbandingan dapat dilihat pada contoh di bawah ini.

Contoh:

Seorang siswa memperoleh imbalan Rp 500 tiap jam. Contoh ini dapat ditulis Rp 500 ~ 1 jam.

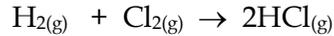
Faktor konversinya adalah $\frac{\text{Rp } 500}{1 \text{ jam}}$, dan $\frac{1 \text{ jam}}{\text{Rp } 500}$.

(1). Hukum Perbandingan Volume (Hukum Gay Lussac)

Pernyataan hukum perbandingan volume (Hukum Gay Lussac) adalah pada temperatur dan tekanan tetap, perbandingan volume gas-gas yang terlibat dalam suatu reaksi sesuai dengan

koefisien reaksi masing-masing gas tersebut. Ini berarti jika salah satu gas sudah diketahui volumenya maka volume gas-gas lain pada persamaan reaksi tersebut dapat dicari.

Jika satuan volume digunakan Liter, maka faktor konversi untuk reaksi :

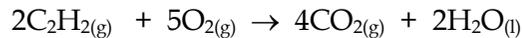


$$\text{diantaranya } \frac{1 \text{ L H}_2}{1 \text{ L Cl}_2} \text{ dan } \frac{2 \text{ L HCl}}{1 \text{ L H}_2}$$

Faktor konversi ini berturut-turut digunakan untuk menghitung volume gas H₂ jika volume gas Cl₂ diketahui, untuk menghitung volume gas HCl jika volume gas H₂ diketahui.

Contoh soal:

Persamaan reaksi pembakaran gas karbid adalah



Berapa volume gas oksigen yang diperlukan untuk membakar 100 L gas karbid?

Penyelesaian :

$$\text{Strategi : } 100 \text{ L C}_2\text{H}_2 \rightarrow ? \text{ L O}_2$$

Pengubahan satuan :

Volume O₂ yang diperlukan,

$$100 \text{ L C}_2\text{H}_2 \times \frac{5 \text{ L O}_2}{2 \text{ L C}_2\text{H}_2} = 250 \text{ L O}_2$$

Kesalahan akan dapat dilihat jika menggunakan faktor konversi yang tidak tepat.

Contoh : Volume O₂ yang diperlukan :

$$100 \text{ L C}_2\text{H}_2 \times \frac{2 \text{ L C}_2\text{H}_2}{5 \text{ L O}_2} = 40 \text{ L } \frac{(\text{C}_2\text{H}_2)^2}{\text{O}_2}$$

(2) Bilangan Avogadro

Bilangan Avogadro dapat didefinisikan sebagai angka yang menunjukkan jumlah partikel dalam 1 mol zat. Berdasarkan eksperimen bilangan Avogadro ditemukan sebesar $(6,022045 \pm 0,00003) \times 10^{23}$ dan disederhanakan menjadi $6,02 \times 10^{23}$. Dengan demikian, zat berupa unsur maupun senyawa bila mengandung partikel sebanyak $6,02 \times 10^{23}$ disebut 1 mol.

Atom Ca sebanyak $6,02 \times 10^{23}$ disebut 1 mol dan dapat ditulis $1 \text{ mol Ca} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}$. Seperti telah dikemukakan terdahulu, faktor konversi dapat berasal dari sebuah persamaan, maka faktor konversi dari persamaan $1 \text{ mol Ca} = 6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}$ adalah

$$\frac{1 \text{ mol Ca}}{6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}}, \text{ dan } \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}}{1 \text{ mol Ca}}$$

Faktor konversi ini berturut-turut digunakan untuk mengubah jumlah atom Ca ke mol Ca dan mengubah mol Ca ke jumlah atom Ca.

Contoh soal :

Berapa jumlah atom yang terdapat dalam 0,75 mol Ca ?

Penyelesaian :

$$\text{Strategi : } 0,75 \text{ mol Ca} \rightarrow ? \text{ atom Ca}$$

Pengubahan satuan :

$$0,75 \text{ mol Ca} = 0,75 \text{ mol Ca} \times 1$$

$$= 0,75 \text{ mol Ca} \times \frac{6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}}{1 \text{ mol Ca}}$$

$$= 0,75 \times 6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}$$

$$= 4,515 \times 10^{23} \text{ atom Ca}$$

Bila menggunakan faktor konversi yang tidak tepat, kesalahan dapat dilihat pada satuan yang tidak sesuai dengan satuan yang diinginkan. Untuk contoh soal di atas, penggunaan faktor konversi yang tidak tepat adalah

$$\begin{aligned} 0,75 \text{ mol Ca} &= 0,75 \text{ mol Ca} \times 1 \\ &= 0,75 \text{ mol Ca} \times \frac{1 \text{ mol Ca}}{6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}} \\ &= \frac{0,75(\text{mol Ca})^2}{6,02 \times 10^{23} \text{ atom Ca}} \end{aligned}$$

(3) Massa Molar dan Volume Molar

A_r suatu unsur adalah perbandingan antara massa 1 atom unsur itu dengan $1/12$ massa atom $C=12$. Massa 1 atom suatu unsur adalah sama dengan A_r SMA (Satuan Massa Atom) unsur itu ($1 \text{ SMA} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$).

Jika dicari massa molar (massa 1 mol) suatu unsur atau senyawa dalam satuan gram, akan diperoleh angka yang sama dengan angka A_r atau M_r dari unsur atau senyawa tersebut. Dengan demikian jika data A_r diketahui, maka dapat ditentukan massa molar unsur atau senyawa.

Diketahui $A_r \text{ Ca} = 40$, maka $1 \text{ mol Ca} = 40 \text{ g}$. Untuk mengubah mol Ca ke g Ca atau sebaliknya digunakan faktor konversi yang berasal dari persamaan $1 \text{ mol Ca} = 40 \text{ g Ca}$.

Contoh soal :

Berapa mol 20 g Ca ?

Penyelesaian :

Strategi : $20 \text{ g Ca} \rightarrow ? \text{ mol Ca}$

Pengubahan satuan :

$$20 \text{ g Ca} = 20 \text{ g Ca} \times 1$$

$$\begin{aligned} &= 20 \text{ g Ca} \times \frac{1 \text{ mol Ca}}{40 \text{ g Ca}} \\ &= 0,5 \text{ mol Ca} \end{aligned}$$

Massa molar dari unsur dan senyawa merupakan massa partikel (atom, atau molekul atau ion) sebesar bilangan Avogadro. Jadi bila A_r dan massa partikel diketahui akan dapat ditentukan jumlah partikel atau sebaliknya.

Contoh soal :

Berapa massa $3,01 \times 10^{25}$ atom Fe ? ($A_r \text{ Fe}=56$)

Penyelesaian:

Strategi : atom Fe \rightarrow ? mol Fe \rightarrow ? g Fe

Pengubahan satuan :

$$3,01 \times 10^{25} \text{ atom Fe} = 3,01 \times 10^{25} \text{ atom Fe} \times$$

$$\frac{1 \text{ mol Fe}}{6,02 \times 10^{23} \text{ atom Fe}} \times \frac{56 \text{ g Fe}}{1 \text{ mol Fe}} = \frac{3,01 \times 10^{25} \times 56}{6,02 \times 10^{23}} \text{ g Fe}$$

Pernyataan hukum Avogadro adalah pada suhu dan tekanan yang tetap, semua gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama. Dengan kata lain, volume 1 mol gas (volume molar gas) apa saja pada tekanan dan suhu yang tetap adalah sama. Percobaan yang dilakukan pada 0°C dan tekanan 1 atm, ditemukan 1 L gas $\text{O}_2 = 1,429 \text{ g O}_2$. Oleh sebab itu, volume 1 mol gas O_2 pada 0°C dan tekanan 1 atm adalah :

$$\begin{aligned} 1 \text{ mol O}_2 &= 32 \text{ g O}_2 \\ &= 32 \text{ g O}_2 \times 1 \\ &= 32 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ L O}_2}{1,429 \text{ g O}_2} \\ &= 22,4 \text{ L O}_2 \end{aligned}$$

Sesuai dengan hukum Avogadro, dapat disimpulkan bahwa volume 1 mol gas apa saja pada 0°C dan 1 atm (*Standard temperature and pressure, STP*) adalah 22,4 L. Dengan demikian volume 1 mol gas CH₄ pada STP adalah 22,4 L atau dapat ditulis 1 mol CH₄ = 22,4 L. Persamaan 1 mol CH₄ = 22,4 L CH₄ dapat digunakan untuk mengubah mol CH₄ ke L CH₄ atau sebaliknya.

Contoh soal :

Berapa mol 5,6 L CH₄ pada 0°C dan 1 atm ?

Penyelesaian :

Strategi : L CH₄ → ? mol CH₄

Pengubahan satuan :

$$5,6 \text{ L CH}_4 = 5,6 \text{ L CH}_4 \times \frac{1 \text{ mol CH}_4}{22,4 \text{ L CH}_4} = 0,25 \text{ mol CH}_4$$

Contoh soal :

Berapa mg 44,8 L gas SO₃ pada STP ?

Penyelesaian :

Strategi : L SO₃ → ? mol SO₃ → ? g SO₃ → ? mg SO₃

Pengubahan satuan :

$$44,8 \text{ L SO}_3 = 44,8 \text{ L SO}_3 \times \frac{1 \text{ mol SO}_3}{22,4 \text{ L SO}_3} \times \frac{80 \text{ g SO}_3}{1 \text{ mol SO}_3} \times$$

$$\frac{1000 \text{ mg SO}_3}{1 \text{ g SO}_3} = 160.000 \text{ mg SO}_3$$

Jika gas-gas bukan pada kondisi standar yaitu bukan pada 0°C atau bukan pada 1 atm; atau bukan pada 1 atm dan bukan pada 0°C. Penyelesaian soal-soal seperti ini harus dicari dulu volume 1 mol gas pada keadaan tersebut, selanjutnya persamaan yang ditemukan digunakan untuk penyelesaian soal.

Contoh soal :

Berapa volume 2,2 g gas CO₂ bila pada suhu dan tekanan yang sama 1 L gas SO₃ massanya 2 g ?

Penyelesaian :

Berapakah volume 1 mol SO₃ ?

$$1 \text{ mol SO}_3 = 80 \text{ g SO}_3$$

$$= 80 \text{ g SO}_3 \times \frac{1 \text{ L SO}_3}{2 \text{ g SO}_3} = 40 \text{ L SO}_3$$

Jika suhu dan tekanan sama, maka 1 mol CO₂ = 40 L CO₂

Strategi : g CO₂ → ? mol CO₂ → ? L CO₂

Pengubahan satuan :

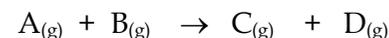
$$2,2 \text{ g CO}_2 = 2,2 \text{ g CO}_2 \times \frac{1 \text{ mol CO}_2}{44 \text{ g CO}_2} \times \frac{40 \text{ L CO}_2}{1 \text{ mol CO}_2} = 2 \text{ L CO}_2$$

2. Konsep Mol dengan Cara Rumus

Pada cara rumus digunakan satu atau lebih rumus. Tiap rumus merupakan persamaan aljabar yang menghubungkan beberapa variabel (Kline, 1987). Sebuah rumus dapat berasal dari induksi data kuantitatif atau deduksi matematika dari dua atau lebih rumus.

(1) Hukum perbandingan volume (Hukum Gay Lussac)

Pernyataan hukum perbandingan volume adalah pada suhu dan tekanan yang tetap, perbandingan volume gas-gas yang terlibat dalam suatu reaksi sesuai dengan koefisien reaksi masing-masing gas tersebut. Untuk persamaan reaksi

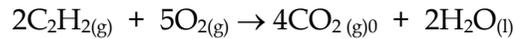


Jika salah satu gas diketahui volumenya, maka volume gas-gas lain pada persamaan reaksi itu dapat dicari dengan rumus berikut :

$$\text{Volume gas A} = \frac{\text{koef gas A}}{\text{koef gas B}} \times \text{volume gas B}$$

Contoh soal :

Persamaan reaksi pembakaran gas karbid adalah



Berapa volume gas oksigen yang diperlukan untuk membakar 100 L gas karbid?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Volume gas A} &= \frac{\text{koef gas A}}{\text{koef gas B}} \times \text{volume gas B} \\ &= \frac{5}{2} \times 100 \text{ L} \\ &= 250 \text{ L} \end{aligned}$$

(2) Bilangan Avogadro

Bilangan Avogadro dapat didefinisikan sebagai angka yang menunjukkan jumlah partikel dalam 1 mol zat. Berdasarkan eksperimen, bilangan Avogadro ditemukan sebesar $(6,022045 \pm 0,00003) \times 10^{23}$ dan disederhanakan menjadi $6,02 \times 10^{23}$. Dengan demikian, zat berupa unsur maupun senyawa bila mengandung partikel sebanyak bilangan $6,02 \times 10^{23}$ disebut 1 mol. Hubungan mol dengan jumlah partikel dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah partikel} &= \text{mol} \times 6,02 \times 10^{23} \\ \text{Mol} &= \frac{\text{jumlah partikel}}{6,02 \times 10^{23}} \end{aligned}$$

Rumus di atas digunakan untuk menentukan jumlah partikel dan mol suatu zat.

Contoh soal :

Berapa jumlah atom yang terdapat dalam 0,75 mol Ca ?

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah partikel} &= \text{mol} \times 6,02 \times 10^{23} \\ &= 0,75 \times 6,02 \times 10^{23} \\ &= 4,515 \times 10^{23} \end{aligned}$$

Dengan demikian, dalam 0,75 mol Ca terdapat $4,515 \times 10^{23}$ atom Ca

(3) Massa molar dan volume molar

A_r suatu unsur adalah perbandingan antara massa 1 atom unsur itu dengan $1/12$ massa atom C=12. Massa 1 atom suatu unsur adalah sama dengan A_r SMA unsur itu ($1 \text{ SMA} = 1,66 \times 10^{-24} \text{ g}$). Jika dicari massa molar suatu unsur atau senyawa dalam satuan gram, akan diperoleh angka yang sama dengan angka A_r atau M_r dari unsur atau senyawa tersebut. Hubungan antara mol dengan gram, A_r atau M_r dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{mol} = \frac{\text{gram}}{A_r}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{gram}}{M_r}$$

$$A_r = \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$$

$$M_r = \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$$

$$\text{gram} = \text{mol} \times A_r$$

$$\text{gram} = \text{mol} \times M_r$$

Rumus-rumus di atas digunakan untuk menentukan mol, A_r , M_r atau massa suatu zat.

Contoh soal :

Berapa mol 20 gram Ca ? ($A_r \text{ Ca} = 40$)

Penyelesaian :

178 STOIKIOMETRI

$$\text{mol} = \frac{\text{gram}}{A_r} = \frac{20}{40} = 0,5$$

Contoh soal:

Berapa massa $3,01 \times 10^{25}$ atom Fe ? (A_r Fe =56)

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Mol} &= \frac{\text{jumlah partikel}}{6,02 \times 10^{23}} \\ &= \frac{3,01 \times 10^{25}}{6,02 \times 10^{23}} \\ &= 50 \end{aligned}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{gram}}{A_r}$$

$$\text{gram} = \text{mol} \times A_r$$

$$\text{gram} = 50 \times 56$$

$$= 2800$$

Dengan demikian, massa $3,01 \times 10^{25}$ atom Fe adalah 2800 gram

Pernyataan hukum Avogadro adalah pada suhu dan tekanan yang tetap, semua gas yang volumenya sama mengandung jumlah molekul yang sama. Dengan kata lain, volume 1 mol gas (volume molar gas) apa saja pada tekanan dan suhu yang tetap adalah sama. Percobaan yang dilakukan pada 0°C dan tekanan 1 atm, ditemukan 1 L gas $\text{O}_2 = 1,429 \text{ g O}_2$. Oleh sebab itu, volume 1 mol gas O_2 pada 0°C dan tekanan 1 atm adalah :

$$1 \text{ mol O}_2 = 32 \text{ g O}_2$$

$$= 32 \text{ g O}_2 \times 1$$

$$= 32 \text{ g O}_2 \times \frac{1 \text{ L O}_2}{1,429 \text{ g O}_2}$$

$$= 22,4 \text{ L O}_2$$

Dengan demikian, volume molar gas (VMG) pada STP adalah 22,4 L.

Berdasarkan hukum Avogadro dapat dinyatakan bahwa pada 0°C dan 1 atm (STP), 1 mol gas lain akan mempunyai volume yang sama dengan volume gas O_2 . Untuk menentukan volume dan mol gas pada 0°C dan 1 atm berturut-turut digunakan rumus :

$$L = \text{mol} \times 22,4$$

$$\text{Mol} = \frac{L}{22,4}$$

Untuk gas-gas yang bukan pada kondisi standar, harus dicari dulu volume molar gas (VMG) pada keadaan tersebut. Selanjutnya untuk mencari mol gas lain pada keadaan yang sama menggunakan rumus :

$$\text{Mol} = \frac{L}{\text{VMG}}$$

$$L = \text{mol} \times \text{VMG}$$

Contoh soal :

Berapa volume 2,2 g CO_2 pada suhu dan tekanan yang sama dengan 1 L SO_3 massanya 2 g ? (A_r C=12; O=16 ; S= 2)

Penyelesaian :

Pertama kali dicari volume 1 mol SO_3

$$1 \text{ L SO}_3 = 2 \text{ g} = \frac{2}{80} \text{ mol}$$

$$1 \text{ mol SO}_3 = 40 \text{ L}$$

$$\text{mol} = \frac{\text{gram}}{M_r} = \frac{2,2}{44} = 0,05$$

$$\text{Mol} = \frac{L}{\text{VMG}}$$

$$L = \text{mol} \times \text{VMG}$$

$$L = 0,05 \times 40$$

$$= 2$$

Dengan demikian, volume 2,2 g CO₂ adalah 2 L.

Jika diperhatikan secara seksama, dapat ditemukan beberapa persamaan dan perbedaan antara kedua cara. Persamaan-persamaan antara lain:

- (1) Materi pelajaran kedua cara sama
- (2) Jika ditinjau dari kaitan-kaitan fungsional dalam materinya, maka kedua cara termasuk kelompok materi yang berstruktur.
- (3) Dalam menemukan jawaban soal konsep mol baik dengan cara faktor-label maupun dengan cara rumus diperlukan satu atau lebih tahap. Tahap-tahap yang harus dilalui pada kedua cara (untuk soal yang sama) adalah relatif sama jumlahnya.

Perbedaan-perbedaan antara kedua cara antara lain :

- (1) Cara faktor-label dimulai dari yang khusus, selanjutnya sampai ke hal yang umum, sedangkan cara rumus dimulai dari hal yang umum menuju ke hal yang khusus. Jadi dapat dikatakan pembelajaran dengan cara faktor-label

menggunakan penalaran induktif dan pembelajaran dengan cara rumus menggunakan penalaran deduktif.

- (2) Pembelajaran konsep mol dengan faktor-label bertolak dari konsep perbandingan dan persamaan yang telah dikenal siswa. Dengan demikian, pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label dimulai dari yang mudah. Sebaliknya, pembelajaran konsep mol dengan cara rumus bertolak dari menyatakan rumus. Rumus-rumus tersebut umumnya belum sepenuhnya dimengerti siswa. Jadi dapat dikatakan bahwa pembelajaran konsep mol dengan cara rumus dimulai dari yang sulit.
- (3) Pada pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label, persamaan dan perbandingan sebagai titik tolak. Oleh sebab itu persamaan dan perbandingan tersebut sering disebut berulang-ulang. Sebaliknya, pada pembelajaran konsep mol dengan cara rumus, rumus sebagai patokan. Oleh sebab itu, rumus tersebut sering dibaca berulang-ulang.
- (4) Pada pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label memungkinkan siswa menjawab materi konsep mol yang memerlukan lebih dari satu faktor konversi langkah demi langkah yang langkah pertama dengan langkah berikutnya dapat dirangkaikan. Sebaliknya, dengan cara rumus memungkinkan siswa menjawab langkah demi langkah tetapi tiap langkahnya terpisah.
- (5) Informasi baru lebih banyak diperlukan pada pembelajaran konsep mol dengan cara rumus dibandingkan dengan cara faktor-label. Dengan demikian, cara faktor-label lebih sederhana dibandingkan dengan cara rumus.
- (6) Pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label menggunakan satu atau lebih faktor konversi. Bila siswa

menggunakan faktor konversi yang tidak tepat akan menghasilkan jawaban yang salah. Kesalahan ini dapat diketahui siswa dengan mudah. Sebaliknya, bila siswa menggunakan rumus yang salah, maka kesalahan tidak dapat diketahui siswa. Dengan demikian, cara faktor-label menjadikan pekerjaan lebih teliti dibandingkan cara rumus.

3. Teori Belajar pada Cara Faktor-label dan Cara Rumus

Jumlah informasi baru untuk mempelajari sesuatu mempengaruhi langkah untuk memproses informasi tersebut. Makin banyak jumlah informasi yang harus dipelajari siswa untuk memahami sesuatu, makin banyak langkah yang harus ditempuh dalam memproses informasi itu untuk mencapai kesimpulan (Dahar, 1986). Makin banyak yang harus dirangkaikan makin besar kesulitan yang dihadapi, karena kemungkinan suatu *chain* dilupakan (Nasution, 1987). Jika dilihat dari jumlah informasi yang diperlukan untuk mempelajari konsep mol dengan cara faktor-label dan cara rumus maka informasi baru lebih banyak diperlukan pada pembelajaran konsep mol dengan cara rumus dibandingkan dengan cara faktor-label. Demikian juga dengan informasi yang harus dirangkaikan siswa pada struktur kognitifnya, maka cara rumus lebih banyak.

Menurut Ausubel konsep baru tidak bisa dikembangkan dengan konsep yang telah diketahui, jika mempelajarinya dengan cara menghafal yang verbalitas. Menghafal yang verbalitas dapat terjadi bila siswa masih dalam tahap operasi kongkrit dihadapkan pada rumus-rumus abstrak (Hudoyo, 1980). Hal ini mengakibatkan rumus-rumus abstrak tersebut menjadi kurang bermakna baginya. Apakah hal ini dapat terjadi pada siswa

Sekolah Menengah Umum (SMU)? Berdasarkan hasil studi, sebagian besar siswa masih menggunakan pola berpikir konkrit secara luas dengan arti kata masih banyak siswa tidak berfungsi berfikir formalnya (Amin, 1987). Dengan demikian dapat diduga, bila siswa SMU dihadapkan pada rumus abstrak menjadikan rumus tersebut kurang bermakna baginya.

Bagaimana untuk anak yang telah berada dalam tahap operasional formal ? Anak dalam tahap operasional formal punya kemampuan untuk berfikir abstrak. Walaupun demikian anak yang telah berada dalam cara berfikir yang lebih tinggi dapat kembali ke cara yang lebih rendah bila menghadapi konsep baru. Sebagaimana dikatakan Ausubel, sekalipun seorang mahasiswa (tahap berfikir formal), ia mula-mula biasanya cenderung ke pendekatan-pendekatan operasi konkrit bila menghadapi konsep yang benar-benar baru (Hudoyo, 1980). Pelarian ke operasi konkrit ini adalah usaha untuk memahami sesuatu konsep dengan cara yang lebih sederhana sebelum mengarah ke cara yang lebih rumit.

Penyajian materi pelajaran dari konkrit menuju ke abstrak berbeda tingkat kesulitan yang dihadapi siswa bila pelajaran disajikan sebaliknya. Penyajian bahan pelajaran dianjurkan dimulai dari hal-hal yang konkrit meningkat ke hal-hal yang abstrak (Amin, 1987). Anjuran Amin seiring dengan saran yang diajukan Bruner (Dahar, 1986).

Dengan memperhatikan pendapat yang dikemukakan Ausubel, Amin dan Bruner di atas dapat dikatakan bahwa pembelajaran konsep mol dengan cara rumus lebih memungkinkan siswa belajar dengan cara menghafal yang verbalitas. Cara ini akan mengakibatkan pelajaran bersifat abstrak sehingga sulit dimengerti dan diingat. Sebaliknya, pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label dimulai dari konsep yang

telah dikenal siswa dan bersifat lebih konkrit. Oleh sebab itu, siswa lebih dapat menghindari belajar dengan cara menghafal yang verbalitas tersebut. Dengan demikian, **pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label lebih memungkinkan siswa untuk belajar bermakna dibandingkan cara rumus.**

4. Penalaran pada Cara Faktor-label dan Cara Rumus

Penalaran adalah proses berfikir dalam rangka menarik kesimpulan melalui logika dengan langkah-langkah tertentu yang pada akhirnya membuahakan pengetahuan. Jika dilihat dari arah cara menarik kesimpulan, maka penalaran dapat dibagi dua yaitu penalaran dengan logika induktif dan penalaran dengan logika deduktif. Penalaran dengan logika induktif dimulai dengan menggunakan pengertian-pengertian yang mempunyai ruang lingkup yang khas dan terbatas menuju ke pengertian yang bersifat umum. Selanjutnya secara induktif dari berbagai pengertian yang bersifat umum dapat lagi disimpulkan pengertian yang bersifat lebih umum. Jadi penalaran dengan logika induktif berangkat dari hal-hal yang khusus ke suatu kesimpulan yang bersifat umum (Suriasumantri, 1988). Penalaran seperti ini memungkinkan disusunnya pengetahuan secara sistimatis yang mengarah kepada pengertian-pengertian yang makin lama makin bersifat fundamental.

Penalaran dengan logika deduktif adalah kegiatan berfikir yang sebaliknya dari penalaran dengan logika induktif. Penalaran dengan logika deduktif adalah penalaran yang berangkat dari hal-hal yang bersifat umum ke hal-hal yang lebih khusus. Jadi penalaran dengan logika deduktif merupakan cara berfikir untuk menarik kesimpulan dari hal yang bersifat umum ke hal yang

bersifat khusus. Cara ini memungkinkan karena hal yang lebih umum dipandang mengandung hal-hal yang khusus.

Pembelajaran konsep mol dengan cara rumus lebih sesuai dengan penalaran deduktif dan pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label lebih sesuai dengan penalaran induktif. Pembelajaran konsep mol dengan cara rumus berangkat dari hal yang lebih umum yaitu rumus menuju ke hal-hal yang lebih khusus yaitu pembahasan contoh dengan menggunakan rumus tersebut. Pembelajaran cara deduktif adalah pembelajaran yang berangkat dari rumus ke contoh (Hudoyo,1980. Oleh sebab itu, pembelajaran konsep mol dengan cara rumus lebih menuntut siswa untuk berfikir dengan logika deduktif.

Sebaliknya pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label menyebabkan siswa memahami materi konsep mol dari hal-hal yang khas. Siswa memahami sejumlah pengertian dari cara pembahasan materi konsep mol seperti cara pembahasan materi bilangan Avogadro, massa molar, volume molar gas. Namun dari cara pembahasan ini siswa dapat menarik pengertian yang lebih umum dan bersifat lebih fundamental. Oleh karena itu pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label lebih menuntut siswa berfikir dengan logika induktif.

5. Hasil Belajar pada Cara Faktor-label dan Cara Rumus

Hasil belajar untuk aspek penerapan dengan menggunakan strategi induktif lebih baik daripada strategi deduktif (Syukri, 1986). Pengajaran hukum-hukum dasar dan konsep mol dengan strategi heuristik lebih baik dari pada pembelajaran dengan strategi ekspositorik (Andromeda, 1988). Kedua penelitian ini pada prinsipnya menemukan

bahwa pembelajaran yang memungkinkan siswa untuk menggunakan penalaran induktif akan memperlihatkan hasil belajar aspek penerapan yang lebih baik bila dibandingkan menggunakan penalaran deduktif.

Pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label lebih menuntut siswa untuk berfikir dengan logika induktif. Sebaliknya pembelajaran konsep mol dengan cara rumus lebih menuntut siswa untuk berfikir dengan logika deduktif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label memberikan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan cara rumus (Azhar, 1990), demikian juga untuk materi perhitungan kimia (Koto, 2002)

Pembelajaran konsep mol dengan cara rumus lebih memungkinkan siswa belajar dengan cara menghafal yang verbalitas. Cara ini dapat mengakibatkan pelajaran menjadi bersifat abstrak. Sebaliknya, pada pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label dimulai dari konsep yang telah dikenal siswa dan bersifat lebih konkrit, akibatnya siswa lebih dapat menghindari belajar dengan cara menghafal yang verbalitas tersebut. Dengan kata lain, pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label lebih memungkinkan untuk belajar bermakna dibandingkan cara rumus. Pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label lebih menuntut siswa untuk berfikir dengan logika induktif sedangkan pembelajaran konsep mol dengan cara rumus lebih menuntut siswa untuk berfikir dengan logika deduktif. Penelitian menunjukkan bahwa **pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label memperlihatkan hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan cara rumus.**

BAB VI

Praktikum *Green Chemistry* pada Stoikiometri

1. Prinsip *Green Chemistry*

Istilah '*Green Chemistry*' pertama kali digunakan pada tahun 1991 oleh P.T. Anastas dalam program khusus yang diluncurkan oleh *Environmental Protection Agency (EPA) United State* untuk mengimplementasikan pembangunan berkelanjutan dalam teknologi kimia dan kimia oleh industri, akademisi dan pemerintah. Konferensi pertama yang menyoroti *Green Chemistry* diadakan di Washington tahun 1997. Sejak saat itu, konferensi ilmiah lainnya yang serupa diadakan secara berkala.

Buku-buku dan jurnal yang bertemakan *Green Chemistry* diperkenalkan pada 1990-an, termasuk *Journal of Clean Processes and Product* (Springer-Verlag) yang disponsori oleh *Royal Society of Chemistry*. Jurnal lain, seperti *Environmental Science and Technology* dan *Journal of Chemical Education*, telah memfokusnya ke *Green Chemistry*. Sekarang, informasi aktual tentang *Green Chemistry* sangat mudah ditemukan di internet. *Green Chemistry* bukanlah cabang ilmu baru, tetapi pendekatan filosofis baru yang melalui

aplikasi dan perluasan prinsip-prinsip *Green Chemistry* dapat berkontribusi pada pemanfaatan berkelanjutan.

Ide konsep *Green Chemistry* ditujukan untuk mengurangi polusi. *Green Chemistry* menggabungkan pendekatan baru pada sintesis, pemrosesan, dan penggunaan zat kimia sedemikian rupa untuk mengurangi ancaman terhadap kesehatan dan lingkungan. Pendekatan baru ini, juga dikenal sebagai kimia ramah lingkungan, kimia bersih, ekonomi atom dan *benign-by-design chemistry*.

Green Chemistry sering dianggap sebagai respons terhadap kebutuhan untuk mengurangi kerusakan lingkungan oleh bahan buatan manusia dan proses yang digunakan untuk memproduksinya. Prinsip-prinsip penerapan *Green Chemistry* diterapkan dalam kehidupan sehari-hari di industri, laboratorium dan dalam pendidikan. Terdapat **12 prinsip** *Green Chemistry* yaitu:

1. Pencegahan

Lebih baik mencegah limbah daripada mengolah atau membersihkan limbah.

2. Atom Ekonomi

Metode sintesis harus dirancang untuk memaksimalkan penggabungan semua bahan yang digunakan dalam proses ke dalam produk akhir.

3. Mengurangi Sintesis Zat Kimia Berbahaya

Metode sintesis harus dirancang untuk menggunakan dan menghasilkan zat yang memiliki sedikit atau tidak ada toksisitas bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

4. Merancang Bahan Kimia yang Lebih Aman

Produk kimia harus dirancang untuk menghasilkan fungsi yang diinginkan dengan meminimalkan toksisitas.

5. Solven dan Auxiliaries yang Lebih Aman

Penggunaan zat tambahan (misalnya : pelarut, zat pemisah, dll.) sedapat mungkin tidak perlu, jika digunakan tidak berbahaya.

6. Desain untuk Efisiensi Energi

Persyaratan energi dari proses kimia seharusnya mempunyai dampak negatif ke lingkungan diminimalkan. Jika memungkinkan, metode sintesis harus dilakukan pada suhu dan tekanan sekitar.

7. Penggunaan Bahan Baku Terbarukan

Transformasi kimia harus dirancang untuk memanfaatkan bahan baku yang terbarukan.

8. Kurangi Derivatif

Derivatisasi yang tidak perlu (penggunaan kelompok pemblokiran, perlindungan/deproteksi, modifikasi sementara dari proses fisik/kimia) harus diminimalkan atau dihindari jika mungkin, karena langkah-langkah tersebut memerlukan tambahan reagen dan dapat menghasilkan limbah.

9. Katalisis

Reagen katalitik (selektif mungkin) lebih unggul daripada reagen stoikiometrik.

10. Desain untuk Degradasi

Produk kimia harus dirancang sedemikian rupa sehingga pada akhirnya terurai menjadi produk degradasi yang tidak berbahaya dan tidak bertahan lama di lingkungan.

11. Analisis Waktu Nyata untuk Pencegahan Polusi

Metodologi analitis perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memungkinkan pemantauan waktu, proses dan kontrol sebelum pembentukan zat berbahaya.

12. Kimia yang Lebih Aman untuk Pencegahan Kecelakaan

Zat dan bentuk zat yang digunakan dalam proses kimia harus dipilih untuk meminimalkan potensi kecelakaan kimia seperti ledakan, dan kebakaran.

2. Sumber Pembelajaran *Green Chemistry*

Mempopulerkan *Green Chemistry* di sekolah sangat penting. Siswa di semua tingkatan harus diperkenalkan filosofi dan praktik *Green Chemistry*. Peran pendidikan untuk mempraktekkan *Green Chemistry* merupakan tantangan terbesar. Berbagai materi pendidikan yang bertemakan *Green Chemistry* yang berguna dalam pembelajaran di sekolah tersedia di Internet, diantaranya :

-Green Chemistry Resources ACS

www.acs.org/education/greenchem

-Green Chemistry Institute

chemistry.org/greenchemistryinstitute

-EPA Green Chemistry Program

www.epa.gov/greenchemistry

-Green Chemistry, a jurnal of the Royal Society of Chemistry:

www.rsc.org/is/journals/current/green/greenpub.htm

-Green Chemistry Network

chemsoc.org/networks/gcn

-Chemical Education Foundation

www.chemed.org

-Chemical Industry Education Centre

www.york.ac.uk/org/ciec

3. Praktikum *Green Chemistry* pada Topik Stoikiometri

Praktikum pembuatan batu kapur disadur dari

<https://www.dec.ny.gov/education/104714.html>

Informasi untuk guru:

Praktikum ini berkaitan dengan reaksi pengendapan yang lebih *Green Chemistry* dari larutan natrium karbonat dan larutan kalsium klorida. Praktikum ini menunjukkan bagaimana konsep mol digunakan pada stoikiometri. Jika konsentrasi dan jumlah zat sebelum reaksi diketahui tentu hasil teoritis dapat dihitung dari persamaan kimia setara.

Informasi keselamatan:

Kalsium klorida (CaCl_2) dan natrium karbonat (Na_2CO_3) dapat menyebabkan iritasi kulit.

Jika salah satu bahan kimia tersebut bersentuhan dengan kulit Anda, cucilah dengan sabun dan air.

Jika zat tersebut bersentuhan dengan mata Anda, bilaslah mata Anda dengan air selama 15 menit dan hubungi dokter.

Tujuan pembelajaran

- Siswa akan dapat menghitung dan membuat larutan CaCl_2 dan Na_2CO_3 dalam Molar untuk menghasilkan CaCO_3 dalam jumlah yang ditentukan.
- Siswa akan dapat merancang penelitian dimanakah CaCO_3 dapat ditemukan di alam.

Sub tujuan pembelajaran

- Siswa akan mensintesis sejumlah kalsium karbonat yang ditugaskan.
- Siswa akan menunjukkan hubungan massa dengan massa dalam reaksi kimia.
- Siswa akan menghitung persentase hasil dan menganalisis sumber kesalahan.
- Siswa akan berlatih keamanan laboratorium

Bahan: (per kelompok 3 orang siswa)

- 2,2 g CaCl_2 (s)
- 2,1 g Na_2CO_3 (s)
- 40 mL air suling
- Tiga gelas kimia ukuran 50 mL atau 100 mL
- Kertas saring
- Rak corong
- Labu Erlenmeyer 125 mL
- Kertas lilin atau kertas aluminium
- Batang pengaduk dan Spatula
- 2 perahu timbang plastik
- Timbangan

Waktu yang dibutuhkan: 2 jam pelajaran (90 menit)

Prinsip-prinsip *green chemistry* yang ditangani: Pencegahan, Ekonomi atom, sintesis zat kimia yang kurang berbahaya, pelarut yang lebih aman, bahan kimia yang lebih aman untuk pencegahan kecelakaan.

Prasyarat:

Siswa harus mempelajari persamaan reaksi setara, memprediksi produk, stoikiometri, dan menghitung pengenceran.

Persiapan Guru:

Karena para siswa membuat larutan dan kemudian mengendapkan zat yang terbentuk dari larutan, ada sedikit persiapan di laboratorium. Ajarilah siswa cara menyaring. Yang diperlukan adalah labu Erlenmeyer, filter kaca, adaptor karet, dan kertas filter. Jika sistem vakum tersedia, tentu menggunakan labu filter. Gunakanlah corong Buchner jika menggunakan penyaringan vakum.

Prosedur (pengumpulan data) dan Analisis**Prosedur:**

1. Tulis persamaan reaksi setara untuk reaksi kalsium klorida (CaCl_2) dan natrium karbonat (Na_2CO_3).
2. Hitung jumlah kalsium klorida dan natrium karbonat yang dibutuhkan untuk membuat 20 mL setiap larutan 1 M.
3. Hitung jumlah kalsium klorida 1M dan natrium karbonat 1M untuk menghasilkan jumlah produk yang ditentukan.
4. Ambillah dua gelas kimia 50 mL atau dua gelas 100 mL. Label dengan "1M kalsium klorida (aq)" dan yang lainnya "1M natrium karbonat (aq)".
5. Dengan menggunakan air suling, buatlah larutan 20 mL konsentrasi 1M kalsium klorida dan 1M natrium karbonat menggunakan perhitungan Anda pada langkah 2.
6. Peralatan penyaringan diminta pada instruktur Anda.
7. Dalam gelas kimia 50 mL yang bersih, campurkan 20 mL kalsium klorida encer dan 20 mL natrium karbonat encer dan aduk. Amatilah.
8. Saringlah endapan.
9. Setelah semua larutan disaring, keluarkan kertas saring dan endapan dan biarkan padatan mengering semalaman.
10. Bersihkanlah meja kerja Anda dan peralatan yang dipakai.
11. Hari ke-2: Tentukan massa padatan dan hitunglah persentase hasil.

Analisis:

1. Tulis persamaan kimia yang setara untuk reaksi kalsium klorida (CaCl_2) dan natrium karbonat (Na_2CO_3).
2. Massa kalsium klorida dibutuhkan = (tunjukkan pekerjaan Anda di bawah) Massa kalsium klorida = _____

3. Massa natrium karbonat diperlukan = (tunjukkan pekerjaan Anda) Massa natrium karbonat = _____
4. Massa produk akhir = _____
5. Hitung persen hasil. (Tunjukkan pekerjaan Anda)
6. Tulislah pada percobaan ini yang menunjukkan *green chemistry*?
7. Apa sajakah sumber kesalahan yang mungkin?

Daftar Referensi

- Andromeda. 1988. Studi Perbandingan Pengajaran dengan Strategi Heuristik dan Strategi Ekspositorik terhadap Hasil Belajar Siswa dalam Pengajaran Hukum-hukum Dasar dan Konsep Mol di SMA Negeri Sicincin. *Tesis Sarjana*. IKP Padang.
- Anshory, I. 1986. *Penuntun Pelajaran Kimia Berdasarkan Kurikulum 1984*. Bandung: Ganeca Exact. p. 55.
- Azhar, M. 1990. Studi Perbandingan Pengajaran Konsep Mol dengan Cara Faktor-label dan Cara rumus terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas I di SMA Negeri 2 Padang. *Tesis Sarjana*. IKIP Padang.
- Amin, M. 1987. *Mengajarkan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dengan Menggunakan metode "Discovery" dan "Inquiri"*. Jakarta: P2LPTK Depdikbud.
- Azhar M (2004). Pembelajaran konsep mol dengan cara faktor-label dan cara rumus. *Jurnal Pembelajaran* Vol.27; No.02 (Terakreditasi).
- Brady JE, Jepsen ND, HyslopA (2012). *Chemistry*. 6th ed. John Wiley and Sons, Inc.
- Brown TL, Eugene L, Bursten BE, Murphy CJ, Woodward PM (2012). *Chemistry the Cental Science*, 12th ed. Pearson Education Inc. USA
- Chang R, Overby J. (2011). *General Chemistry, the essential concept*. McGraw-Hill
- Dahar, R.W. 1986. *Pengelolaan Pengajaran Kimia*. Jakarta: Karunika. p.10.2; 10.18
- Denniston, KJ; Topping, J.J; Caret, R.L. 2004. *General, Organic, and Biochemistry*. New York : McGraw-Hill. p.12.

- Jaber L.Z & BouJaoude S (2012). A Macro-Micro-Symbolic Teaching to Promote Relational Understanding of Chemical Reactions. *International Journal of Science Education*, 34(7): 973-998.
- Jespersen ND; Brady JE, Hyslop A (2012). *Chemistry, the molecular nature of matter*. John Wiley and Sons, Inc.
- Gilbert JK, Treagust D. (2009). *Multiple representation in chemical education*, Springer
- Goates, J.R; Ott, J.B; Butler, E.A. 1981. *General Chemistry*. New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc. pp.55-56.
- Holden NE and Bohlke (2011). IUPAC Periodic Table of The Isotop. *Chemistry International*. vol 33. No.4 Supplement
- Hudoyo, H. 1980. *Metoda Mengajar Matematika*. Jakarta : Depdikbud. pp. 5-6; 9
- Kline, M. 1987. *Matematika, Ilmu dalam Perspektif*. Jakarta: Gramedia. p.176.
- Koto, S. 2002. Pengaruh Pengajaran Perhitungan Kimia dengan Cara Faktor-label terhadap Hasil Belajar Siswa Kelas II di SMU Negeri 8 Padang. *Skripsi*. UNP Padang.
- Kroschwitz, J.Q dan Winokur, M. 1985. *Chemistry General, Organic, Biological*. New York: McGraw-Hill Book Company. p 19.
- Murni HP, Azhar M, Ulianas A (2019) . Validity and Practicality Level of Structured Inquiry-Based Reaction Rate Module Containing Macro, Submicro and Symbolic Representation. *The 2nd International Conference on Research and Learning Physics (ICRLP) 8-9 August 2019. at UNP, Indonesia*
- Nasution, S. 1987. *Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar dan Mengajar*. Jakarta: Bina Aksara. p.138.
- Nurhasanah, Azhar M, A Ulianas (2019). Validity and Practicality of Chemical Equilibrium Module Based on Structured Inquiry with Three Levels Representation for Students Grade XI of Senior High School. *The 2nd International Conference on Research and Learning Physics (ICRLP) 8-9 August 2019. at UNP, Indonesia*
- Sagita R, Azra F, Azhar M. (2018). Development of Mole Concept Module Based on Structured Inquiry with Interconnection of Macro, Submicro, and Symbolic Representation for Grade X of Senior High School. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 335(1), 012104
- Silberberg, Martin S (2010). *Principles of General Chemistry*, 2nd ed. Mc Grall Hill
- Syukri S. 1986. Studi Perbandingan Efektivitas Pengajaran dengan Strategi Induktif dan Pengajaran dengan Strategi Deduktif dalam Bidang Studi Ilmu Kimia di SMA Negeri 54 Jakarta. *Tesis Pascasarjana*. IKIP Jakarta. p.50.
- Suriasumantri, J.S. 1988. *Filsafat Ilmu Sebuah Pengantar Populer*. Jakarta: Sinar Harapan, 1988. p. 48.
- Talanquer V (2010). Macro, Submicro, and Symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*. Vol. 33 No 2: 179-195
- Wardencki W, Curylo J, Namiesnik J (2004). Green Chemistry- Current and Future Issues. *Polish Journal of Environmental Studies*. Vol 14. No.4. 389-395.
- Williams, L.D. 2003. *Chemistry Demystified*. New York: McGraw-Hill Book Company. p.21.
- Wolve, D.H. 1984. *Introduction to College Chemistry*. New York: McGraw-Hill Book Company. p. 17.
- Zion M and Ruthy M (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Sciences Education International*. Vol 23. No.4 383-399.
- Pembuatan batu kapur
<https://www.dec.ny.gov/education/104714.html>

Glosarium

Cara Rumus merupakan cara yang menggunakan satu atau lebih rumus

Cara Faktor Label adalah cara yang menggunakan satu atau lebih faktor konversi. Sebuah faktor konversi merupakan hubungan antara dua satuan atau kuantitas yang dinyatakan dalam bentuk pecahan

Green Chemistry adalah pendekatan baru pada sintesis, pemrosesan, dan penggunaan zat kimia sedemikian rupa dengan menggunakan 12 prinsip untuk mengurangi ancaman terhadap kesehatan dan lingkungan.

Hasil teoritis adalah perhitungan jumlah produk yang terbentuk ketika semua reaktan pembatas habis bereaksi

Hasil sesungguhnya (*actual yield*) adalah jumlah produk sesungguhnya yang hampir selalu kurang dan tidak akan pernah lebih besar dari hasil teoritis

Koefisien reaksi adalah angka di depan rumus kimia yang menunjukkan jumlah relatif molekul yang terlibat dalam reaksi (koefisien reaksi 1 tidak ditulis).

Level makroskopik adalah sesuatu yang nyata dan secara langsung atau tidak langsung merupakan bagian dari pengalaman sehari-hari.

Level submikroskopik adalah fenomena yang nyata tetapi masih memerlukan teori untuk menjelaskan apa yang terjadi pada tingkat molekuler dan menggunakan representasi model teoritis.

Level simbolik adalah representasi dari suatu kenyataan bisa berupa simbol, rumus atau persamaan

Massa molar karbon-12 adalah 12 g (mengandung $6,02 \times 10^{23}$ atom karbon-12).

Massa molar yang didefinisikan sebagai massa dalam g atau kg dari 1 mol atom Carbon

Massa atom relatif disingkat "Ar" adalah massa atom dibandingkan dengan 1/12 massa atom C-12. Secara matematika dapat ditulis sebagai berikut:

Massa molekul adalah jumlah massa atom pada molekul tersebut.

Massa molar molekul merupakan massa 1 mol molekul tersebut.

Mol merujuk ke sejumlah atom yang terdapat tepat pada 12 g isotop Carbon-12 (definisi SI). Angka yang baru-baru ini diterima adalah $6,0221415 \times 10^{23}$, dibulatkan menjadi $6,022 \times 10^{23}$

Pereaksi pembatas adalah reaktan yang habis bereaksi

Persen hasil adalah persen dari hasil sesungguhnya terhadap hasil teoritis

Satu amu "atomic mass unit" didefinisikan sebagai massa dari seperduabelas massa satu atom Carbon-12

Rumus empiris adalah rumus yang menunjukkan jumlah dan tipe atom dalam senyawa dengan perbandingan terendah dan bilangan bulat.

Rumus molekul adalah rumus yang memberitahu kita jumlah dan jenis atom yang sesungguhnya terikat pada suatu molekul

Rumus senyawa ionik merupakan rumus paling sederhana yang dikenal dengan rumus empiris

Senyawa hidrat adalah senyawa yang mengikat molekul air

Indeks

- Amu, 8, 9, 10, 12, 13, 16, 17, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 37, 47, 50, 52, 63, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 151, 164, 201
- Atomic Mass Unit*, 8, 47, 113, 114, 200, 201
- Bilangan Avogadro, vii, 2, 6, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 50, 104, 169, 172, 174, 177, 186, 201
- Cara Faktor-Label, v, viii, 2, 3, 167, 168, 169, 170, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 196, 197, 201
- Cara Rumus, v, viii, 2, 3, 167, 168, 169, 170, 176, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 196, 199, 201
- Fraksi Mol, 154, 158, 159, 161, 166, 201
- Green Chemistry*, v, vi, viii, 2, 3, 85, 188, 189, 191, 192, 193, 195, 198, 199, 201
- Hasil Sesungguhnya, viii, 2, 57, 79, 83, 84, 199, 201
- Hasil Teoritis, vii, 2, 57, 79, 80, 82, 83, 84, 90, 93, 192, 199, 201
- Koefisien Reaksi, vii, ix, 2, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 70, 72, 93, 171, 176, 199, 201
- Massa Atom, v, vii, viii, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 21, 23, 25, 26, 47, 49, 50, 52, 53, 57, 111, 112, 113, 137, 173, 178, 200, 201, 203
- Massa Atom Relatif, vii, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 52, 53, 112, 137, 200, 201
- Massa Formula, 36, 201
- Massa Molar, v, vii, viii, ix, 2, 6, 8, 13, 16, 17, 18, 23, 39, 41, 45, 46, 47, 50, 54, 66, 69, 70, 71, 72, 83, 86, 100, 111, 123, 124, 137, 140, 145, 146, 147, 148, 151, 170, 173, 174, 178, 186, 199, 200, 201, 203
- Massa Molekul, 11, 23, 24, 25, 36, 47, 50, 57, 134, 151, 164, 200, 201
- Massa Rata-Rata Atom, 9, 10, 12, 13, 50, 52, 112, 113, 201
- Model Ball-And-Stick, 23, 27, 28, 201
- Model Space-Filling, 23, 27, 201
- Mol, v, vi, viii, ix, x, 2, 6, 7, 8, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 50, 53, 54, 55, 57, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 88, 92, 93, 94, 95, 96, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 154, 157, 158, 159, 161, 162, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 192, 196, 200, 201
- Molalitas, 158, 166, 202
- Molaritas, 157, 161, 165, 202
- Pereaksi Pembatas, vii, 2, 57, 72, 73, 75, 76, 77, 84, 88, 94, 200, 202
- Persamaan Reaksi, i, iii, iv, v, vii, viii, ix, xi, 1, 2, 4, 5, 30, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 80, 82, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 95, 96, 98, 167, 171, 176, 177, 193, 194, 202, 209
- Persen Hasil, vii, 57, 79, 81, 82, 83, 84, 90, 96, 97, 98, 195, 200, 202
- Persen Komposisi Unsur, 7, 40, 42, 141, 202
- Persen Massa, 26, 39, 40, 42, 142, 155, 156, 160, 202
- Persen Volume, 156, 202
- Ppm, 154, 156, 157, 160, 161, 202
- Reaksi Dekomposisi, 58, 59, 84, 202
- Reaksi Kombinasi, ix, 58, 59, 84, 202
- Reaksi Pembakaran, ix, 1, 58, 59, 60, 62, 63, 64, 65, 66, 84, 94, 171, 177, 202
- Rumus Empiris, ix, 26, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 55, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148, 150, 151, 152, 163, 164, 200, 202
- Rumus Kimia, i, iii, iv, v, viii, 1, 2, 4, 5, 26, 31, 41, 42, 45, 57, 58, 61, 62, 63, 70, 100, 138, 140, 141, 199, 202
- Rumus Molekul, ix, xi, 2, 7, 8, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 36, 38, 42, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 88, 106, 107, 138, 140, 142, 145, 146, 147, 148, 150, 151, 164, 200, 202
- Rumus Senyawa, v, vii, viii, 2, 6, 7, 26, 28, 30, 31, 32, 36, 37, 39, 40, 47, 54, 62, 138, 142, 144, 148, 149, 150, 152, 164, 200, 202, 203
- Rumus Senyawa Ion, vii, 2, 7, 26, 31, 36, 37, 47, 138, 144, 200, 202
- Rumus Struktur, ix, 6, 8, 25, 26, 27, 28, 39, 48, 51, 138, 202
- Senyawa Hidrat, 138, 148, 149, 150, 152, 164, 200, 202
- Spektrometer Massa, 10, 11, 52, 137, 202
- Subscript*, ix, 2, 6, 7, 26, 28, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 54, 62, 63, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 202

LAMPIRAN

1. PowerPoint Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa

Stoikiometri
Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa

Minda Azhar

Jurusan Kimia
Universitas Negeri Padang

November 2018

Stoikiometri- Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa Minda Azhar 1

Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa

Capaian Pembelajaran
Menguasai konsep massa atom, massa molar dan rumus senyawa

SubCapaian pembelajaran

1. Dapat menentukan massa atom rata-rata dan data spektroskopi massa
2. Dapat menentukan massa 1 mol unsur dan senyawa dari data massa atom
3. Dapat menentukan hubungan massa dengan mol suatu unsur dan senyawa
4. Dapat menuliskan rumus senyawa dari rumus strukturnya
5. Dapat menentukan hubungan subscript dan mol dalam rumus senyawa
6. Dapat menentukan kadar suatu unsur dalam suatu senyawa

Fokok-pokok materi

1. Massa atom, dan Massa Atom Relatif
2. Bilangan Avogadro dan Massa Molar
3. Hubungan subscript dengan mol pada rumus molekul dan rumus senyawa ion
4. Persen komposisi dari senyawa

Stoikiometri- Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa Minda Azhar 2

Massa Atom

- Bagaimanakah anda menentukan jumlah biji kacang hijau yang massanya 1 kg?

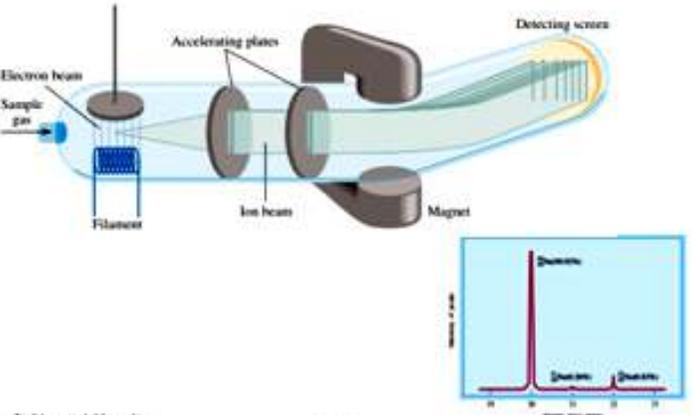


- Bagaimana ilmuwan menentukan jumlah atom C-12 yang massanya 12 g?



Stoikiometri- Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa Minda Azhar 3

Spektrometer massa



Stoikiometri- Massa Atom, Massa Molar dan Rumus Senyawa Minda Azhar 4

Metoda Spektrometer massa

Tembaga (Cu), merupakan logam yang telah dikenal sejak zaman dahulu (Gambar 5). Tembaga digunakan pada kabel listrik dan uang koin. Massa atom dari dua isotop stabil adalah Cu-63 (69,09 %) dan Cu-65 (30,91%) berturut-turut adalah 62,93 amu dan 64,9278 amu. Hitung massa rata-rata atom Cu. Berapakah massa atom relatifnya (A_r Cu)



Gambar 5. Tembaga (Cu) dan struktur tembaga.

Konsep

Masing-masing isotop berkontribusi ke massa atom rata-rata berdasarkan kelimpahannya (persentasenya)

Strategi pemecahan

Massa rata-rata atom Cu =
 $(0,6909)(62,93 \text{ amu}) + 0,3091(64,9278 \text{ amu}) = 63,55 \text{ amu}$

$$A_r \text{ Cu} = \frac{\text{Massa rata-rata Cu}}{\frac{1}{12} \text{ massa C-12 atom}} = \frac{63,55 \text{ amu}}{\frac{1}{12} \text{ massa C-12 atom}} = 63,55$$

Data spektrometer massa

- Massa 1 atom C-12 = 12 amu
- Massa 1 mol atom C-12 = 12 g

$$\frac{12,00 \text{ g carbon-12 atoms}}{6,022 \times 10^{23} \text{ carbon-12 atoms}} = 1,993 \times 10^{-23} \text{ g}$$

$$\frac{\text{amu}}{\text{gram}} = \frac{12 \text{ amu}}{1 \text{ carbon-12 atom}} \times \frac{1 \text{ carbon-12 atom}}{1,993 \times 10^{-23} \text{ g}} = 6,022 \times 10^{23} \text{ amu/g}$$

$$1 \text{ gram} = 6,022 \times 10^{23} \text{ amu}$$

Contoh analog

Massa laki laki (massa isotop)

70 kg
 70 kg
 70 kg

Jumlah laki laki 30% (kelimpahan isotop)

Massa perempuan (massa isotop)

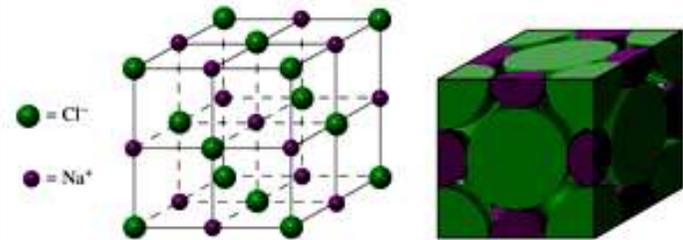
50 kg 50 kg 50 kg
 50 kg 50 kg
 50 kg 50 kg

Jumlah perempuan 70% (kelimpahan isotop)

Jadi rata rata massa = $(3 \times 70 \text{ kg}) + (7 \times 50 \text{ kg}) = 56 \text{ kg}$

$$Ar X = \frac{(30\% \times 70) + (70\% \times 50)}{1/12 \cdot 12} \text{ kg} = 56$$

Rumus formula NaCl



Copyright © 2007 Pearson Prentice Hall, Inc.

Struktur kristal NaCl tersusun atas ion Na^+ and ion Cl^-

Unit formula NaCl paling sederhana adalah NaCl

Rumus senyawa

1. Rumus empiris

Rumus paling sederhana yang menyatakan perbandingan atom atom dari berbagai unsur pada senyawa

Contoh NaCl, CH₂

Rumus empiris dapat ditentukan dari data

- Macam unsur dalam senyawa
- Persen komposisi unsur
- Ar unsur unsur yang bersangkutan

2. Rumus molekul

Menyatakan jumlah sesungguhnya dari masing masing atom yang ada pada suatu molekul

3. Rumus struktur

Memberikan cara bagaimana atom atom di dalam molekul berikatan dan juga memberikan informasi yang memungkinkan kita menulis rumus molekul dan rumus empirisnya

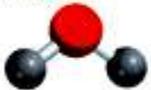
Stoikiometri- Massa Atom,
Massa Molar dan Rumus
Senyawa

Winda Azhar

9

Makna rumus kimia

Tabel Informasi dari rumus molekul air (H₂O)

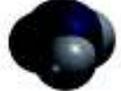
Istilah	Molekul H ₂ O	Atom H	Atom O
Molekul dan atom	1 molekul 	2 atom H 	1 atom O 
Massa (amu)	18 amu	2 amu	16 amu
Jumlah (mol)	1 mol	2 mol	1 mol
Massa molar (g)	18 g	2 g	16 g

Stoikiometri- Massa Atom,
Massa Molar dan Rumus
Senyawa

Winda Azhar

11

Rumus kimia

	Hidrogen	Air	Amoniak	Metana
Rumus molekul	H ₂	H ₂ O	NH ₃	CH ₄
Rumus Struktur	H-H	H-O-H	H-N-H H	H H-C-H H
Model Ball-and-Stick				
Model Space-filling				

Stoikiometri- Massa Atom,
Massa Molar dan Rumus
Senyawa

Winda Azhar

10

Terimakasih

Referensi

Brown, Theodore L. JR, H. Eugene Lemay, Bursten, Bruce E. Murphy, Catherine J. Woodward, Patrick M (2012). **Chemistry the central Science**, 12th edition. Pearson Education Inc. USA
Chang, Raymond, Overby, Jason (2011). **General Chemistry, the essential concept** McGraw-Hill
Jespersen, Neil D, Brady, James E, Hyslop, Alison (2012). **Chemistry, the molecular nature of matter**. John Wiley

Stoikiometri- Massa Atom, Massa Molar
dan Rumus Senyawa

Winda Azhar

11

2. PowerPoint Persamaan Reaksi

Stoikiometri

Persamaan Reaksi

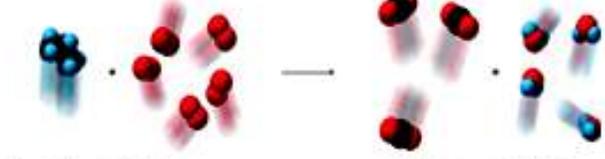
Minda Azhar

Jurusan Kimia
Universitas Negeri Padang

November 2018

Stoikiometri-Persamaan Reaksi Minda Azhar 1

Makna Persamaan Reaksi Pembakaran etana

Viewed in Terms of	Reactants $C_2H_6(g) + 3O_2(g)$	→	Products $2CO_2(g) + 3H_2O(g)$
Molecules	1 molecule C_2H_6 + 3 molecules O_2	→	2 molecules CO_2 + 3 molecules H_2O
			
Amount (mol)	1 mol C_2H_6 + 3 mol O_2	→	2 mol CO_2 + 3 mol H_2O
Mass (amu)	44.09 amu C_2H_6 + 192.00 amu O_2	→	132.03 amu CO_2 + 150.06 amu H_2O
Mass (g)	44.09 g C_2H_6 + 192.00 g O_2	→	132.03 g CO_2 + 150.06 g H_2O
Total mass (g)	236.09 g	→	236.09 g

Stoikiometri-Persamaan Reaksi Minda Azhar 2

Persamaan Reaksi

Capaian Pembelajaran
Memahami makna persamaan reaksi

Subcapaian pembelajaran

1. Dapat menyetarakan persamaan reaksi
2. Dapat menentukan hubungan koefisien reaksi dengan mol dalam persamaan reaksi
3. Dapat menerapkan konsep pereaksi pembatas pada suatu reaksi
4. Dapat menentukan presentasi hasil suatu reaksi

Pokok-pokok materi

1. Reaksi kimia dan persamaan reaksi
2. Perhitungan jumlah reaktan dan produk (Makna koefisien reaksi pada persamaan reaksi)
3. Pereaksi pembatas
4. Hasil teoritis, hasil sesungguhnya dan Presentasi Hasil

Stoikiometri-Persamaan Reaksi Minda Azhar 3

Makna koefisien dan *subscript*

Changing **coefficient** changes amount

→

$2H_2O$


2 molekul air
(4 atom H dan 2 atom O)

H_2O


Changing **subscript** changes composition and identity

→

H_2O_2


1 molekul hidrogen peroksida
(2 atom H dan 2 atom O)

Stoikiometri-Persamaan Reaksi Minda Azhar 4

Pereaksi pembatas

analogi



Berapa banyak mobil dapat dibuat jika tersedia 4000 roda dan 1500 rangka mobil

$$1500 \text{ car-bodies} \times \frac{1 \text{ car}}{1 \text{ car-body}} = 1500 \text{ cars}$$

$$4000 \text{ tires} \times \frac{1 \text{ car}}{4 \text{ tires}} = 1000 \text{ cars}$$

Tabel jumlah

Jumlah	1 rangka mobil	+	4 roda	→	1 mobil
Awal	1500		4000		0
Perubahan	-1000		-4000		+1000
Akhir	500		0		1000

Stoikiometri-Pendekatan Realist

Minda Azhar

5

Hasil teoritis dan Persen hasil

Hasil teoritis : banyaknya produk yang diperoleh dari reaksi yang berlangsung sempurna (melalui perhitungan)

Hasil sesungguhnya : jumlah produk sesungguhnya yang diperoleh dalam eksperimen

Persen hasil ukuran efisiensi suatu reaksi

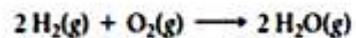
$$\text{Persen hasil} = \frac{\text{hasil sesungguhnya}}{\text{hasil teoritis}} \times 100\%$$

Stoikiometri-Pendekatan Realist

Minda Azhar

7

Pereaksi pembatas



Jika kita mempunyai campuran 10 mol H_2 dan 7 mol O_2 yang mana yang habis bereaksi? hidrogen atau oksigenkah?

Tabel mol

	2H_2	+	$\text{O}_2(\text{g})$	→	$2\text{H}_2\text{O}$
Awal	10 mol		7 mol		0 mol
Perubahan	-10 mol		-5 mol		+10 mol
Akhir	0 mol		2 mol		10 mol

Stoikiometri-Pendekatan Realist

Minda Azhar

6

Terimakasih

Referensi

Brown, Theodore L.; JR, H. Eugene Lemay; Bursten, Bruce E; Murphy, Catherine J; Woodward, Patrick M (2012). *Chemistry the central Science*, 12th edition. Pearson Education Inc, USA

Chang, Raymond; Overby, Jason (2011). *General Chemistry, the essential concept* McGraw-Hill

Jespersen, Neil D; Brady, James E; Hyslop, Alison (2012). *Chemistry, the molecular nature of matter*. John Wiley

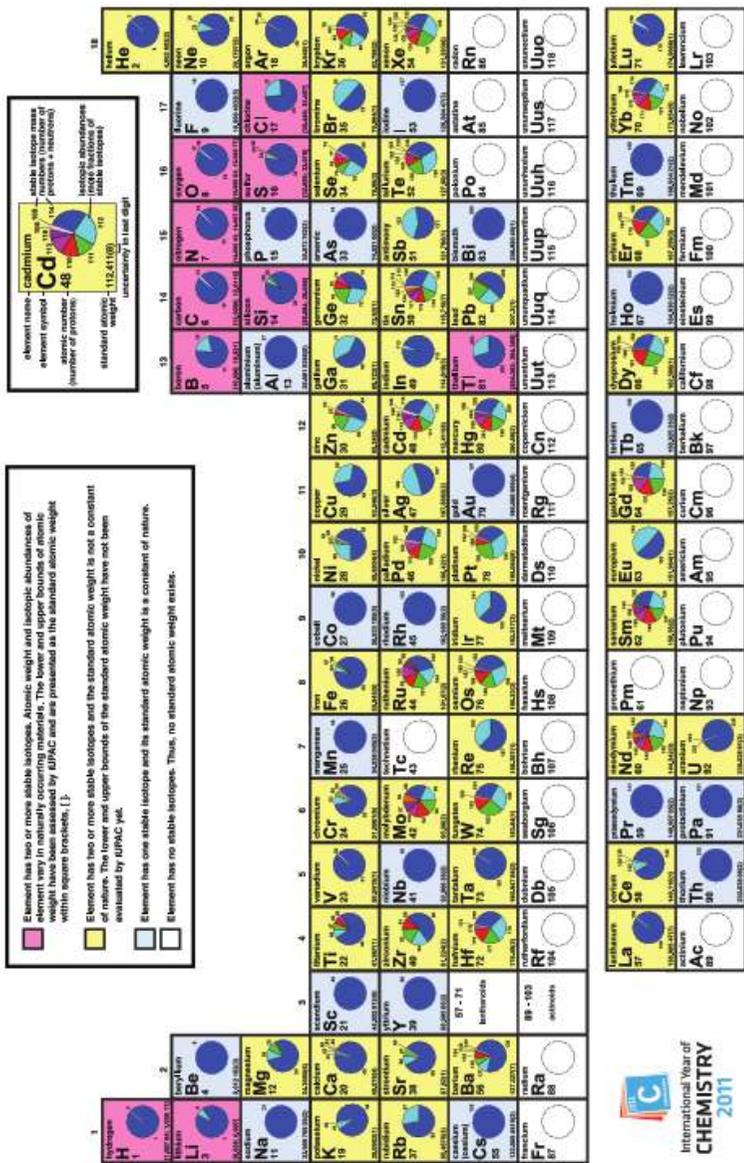
Stoikiometri-Pendekatan Realist

Minda Azhar

8

3. Sistem Periodik

IUPAC Periodic Table of the Isotopes





REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202045564, 2 November 2020

Pencipta

Nama : **Prof. Dr. Minda Azhar, M.Si**

Alamat : Jl. Malang Blok E3 No.15. Wisma Indah, Siteba, Padang, Padang, Sumatera Barat, 25146

Kewarganegaraan : Indonesia

Pemegang Hak Cipta

Nama : **LP2M Universitas Negeri Padang**

Alamat : Jl. Prof. Dr. Hamka Air Tawar Padang, Padang, Sumatera Barat, 25131

Kewarganegaraan : Indonesia

Jenis Ciptaan : **Buku**

Judul Ciptaan : **Mudah Memahami Stoikiometri: Perhitungan Zat Pada Rumus Kimia Dan Persamaan Reaksi**

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 21 Juli 2020, di Padang

Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

Nomor pencatatan : 000213171

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001