

STOIKIOMETRI, ATOM, DAN SISTEM PERIODIK UNSUR

A.

Stoikiometri

a. Hukum-hukum Dasar Kimia

1. Hukum Lavoisier
 - Hukum Lavoisier menyatakan, "Dalam suatu reaksi kimia, massa zat-zat yang bereaksi adalah **SAMA DENGAN** massa zat-zat hasil reaksi dan berlaku untuk semua reaksi kimia".
 - Selama reaksi kimia berlangsung, tidak ada materi yang hilang maupun terbentuk.
2. Hukum Proust
 - Perbandingan massa unsur-unsur dalam suatu senyawa adalah tetap. Pada senyawa A_xB_y berlaku:

$$\frac{\sum X. Ar A}{Mr A_xB_y} = \frac{\%Ar A}{\%A_xB_y} = \frac{\text{massa A}}{\text{massa } A_xB_y}$$

3. Hukum Dalton

Dalton mengatakan bahwa "Senyawa adalah ikatan kimia dari dua jenis atom atau lebih dengan perbandingan tertentu".
4. Hukum Gay-Lussac

Hukum Gay Lussac menyatakan, "Volume gas-gas yang bereaksi dan volume gas-gas hasil reaksi, jika diukur pada suhu dan tekanan yang sama akan berbanding sebagai bilangan bulat dan sederhana".

$$\frac{\text{koefisien gas 1}}{\text{koefisien gas 2}} = \frac{\text{volume gas 1}}{\text{volume gas 2}}$$

5. Hukum Avogadro
 - Pada suhu dan tekanan gas yang sama volume gas sebanding dengan jumlah molnya

$$\frac{\text{mol gas 1}}{\text{mol gas 2}} = \frac{\text{volume gas 1}}{\text{volume gas 2}}$$

b. Konsep Mol

1. Mol adalah massa zat dibagi massa molekul relatif zat

$$n = \frac{m}{Mr}$$

2. Mol adalah jumlah partikel dibagi bilangan Avogadro

$$n = \frac{N}{6,02 \times 10^{23}}$$

3. Mol adalah volume zat dibagi volume zat kondisi STP (22,4 L)

$$n = \frac{V}{22,4 \text{ L}}$$

4. Mol adalah molaritas dikalikan volume

$$n = M \times V$$

5. Rumus mol dari hukum gas ideal

$$n = \frac{P.V}{R.T}$$

Keterangan:

n : mol
m : massa (gram)
Mr : massa molekul relatif (gram/mol)
V : volume (liter)
M : molaritas
N : jumlah partikel
P : tekanan (atm)
R : 0,082 L.atm/mol.K
T : suhu (Kelvin)

c. Konsentrasi Larutan

Konsentrasi larutan menyatakan banyaknya zat terlarut dalam suatu larutan.

1. Molaritas

Molaritas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam setiap satu liter larutan.

$$M = \frac{\text{mol zat terlarut}}{\text{liter larutan}} = \frac{n}{V}$$

Jika dilakukan pengenceran maka berlaku "mol zat terlarut sebelum pengenceran sama dengan mol zat terlarut sesudah pengenceran".

$$n_1 = n_2 \\ V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

Jika dilakukan pencampuran antara zat A dan zat B maka berlaku rumus:

$$M_{\text{campuran}} = \frac{V_A \cdot M_A + V_B \cdot M_B}{V_A + V_B}$$

2. Molalitas

Molalitas menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam 1.000 gram pelarut

$$m = \frac{\text{gr}}{\text{Mr}} \times \frac{1.000}{p}$$

p: massa pelarut (gram)

3. Fraksi Mol

Fraksi mol suatu zat menunjukkan perbandingan jumlah mol zat terlarut atau zat pelarut dengan jumlah mol larutan.

$$x_t = \frac{n_t}{n_t + n_p}$$

$$x_p = \frac{n_p}{n_t + n_p}$$

$$x_t + x_p = 1$$

Keterangan:

X_t : fraksi mol zat terlarut
 X_p : fraksi mol zat pelarut
 n_t : mol zat terlarut
 n_p : mol zat pelarut

4. Persen Volume

Persen volume menyatakan jumlah liter zat terlarut dalam 100 liter larutan.

$$\%V = \frac{V_t}{V_t + V_p} \times 100\%$$

5. Persen Berat

Persen berat menyatakan jumlah gram zat terlarut dalam 100 gram larutan

$$\%W = \frac{W_t}{W_t + W_p} \times 100\%$$

6. Normalitas

Normalitas menyatakan jumlah ekuivalen zat terlarut dalam 1 liter larutan

$$N = \frac{\text{ek}}{V} = M \times a = \frac{m}{\text{Mr}} \times \frac{1.000}{V} \times a$$

Keterangan:

N : normalitas larutan
ek : ekuivalen zat terlarut
M : molaritas
a : valensi (banyaknya muatan ion)

Jika dilakukan pengenceran maka:

$$V_1 \cdot N_1 = V_2 \cdot N_2$$

Jika dilakukan penetralan berlaku rumus:

$$V_{\text{asam}} \cdot N_{\text{asam}} = V_{\text{basa}} \cdot N_{\text{basa}}$$

Untuk reaksi redoks berlaku rumus:

$$V_{\text{oksidator}} \cdot N_{\text{oksidator}} = V_{\text{reduktor}} \cdot N_{\text{reduktor}}$$

d. Rumus Molekul dan Rumus Empiris

- Rumus molekul adalah rumus yang menyatakan jenis dan jumlah atom sebenarnya yang menyusun satu molekul.
- Rumus empiris adalah rumus yang menyatakan jenis dan perbandingan paling sederhana atom-atom penyusun satu molekul.

Rumus:

$$\text{RM} = (\text{RE})_n$$
$$\text{Mr}_{\text{RM}} = \text{Mr}_{\text{RE}} \cdot n$$

Keterangan:

RM : Rumus Molekul

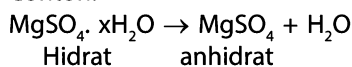
RE : Rumus Empiris

Contoh:

Zat	Rumus Molekul (RM)	Rumus Empiris (RE)
Glukosa	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	$(\text{CH}_2\text{O})_6$
Etena	C_2H_4	$(\text{CH}_2)_2$
Etana	C_2H_6	$(\text{CH}_3)_2$
Benzena	C_6H_6	$(\text{CH})_6$

- Rumus Kristal

Contoh:



B.

Atom

a. PERKEMBANGAN MODEL ATOM

1. Model atom John Dalton (1803)

- ✓ Atom adalah bagian terkecil dari suatu materi yang tidak dapat dipecah lagi.
- ✓ Atom berbentuk bola pejal yang tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan dengan reaksi kimia biasa.

- ✓ Tiap unsur terdiri atas atom yang sejenis dan berbeda dengan unsur lainnya.
- ✓ Atom-atom dapat mengalami penggabungan, pemisahan, atau penyusunan kembali dengan reaksi kimia.
Kelemahan: Atom ternyata bukan partikel yang terkecil.

2. Model atom Thomson (1897)

- ✓ Atom merupakan suatu bola bermuatan positif dan di dalamnya tersebar elektron-elektron seperti kismis.
- ✓ Jumlah muatan positif sama dengan muatan negatif sehingga atom bersifat netral.

3. Model atom Rutherford (1911)

- ✓ Atom tersusun atas inti atom yang bermuatan positif yang dikelilingi elektron yang bermuatan negatif.
- ✓ Massa atom terkonsentrasi pada bagian inti (pusat).
- ✓ Jumlah proton dalam inti sama dengan jumlah elektron yang mengelilingi inti sehingga atom bermuatan netral.
- ✓ Sebagian besar volume atom adalah ruang kosong.

4. Model atom Niels Bohr (1913)

- ✓ Elektron bergerak mengelilingi inti dengan menempati lintasan (kulit) yang memiliki tingkatan energi tertentu.
- ✓ Elektron tersebut tidak memancarkan gelombang elektromagnetik dan hanya dapat berpindah dari satu lintasan ke lintasan lain dengan cara menyerap atau melepas energi.

5. Model atom De Broglie (Mekanika Gelombang)

- ✓ Gerakan materi merupakan suatu gerakan gelombang sehingga elektron (materi) juga merupakan gerakan gelombang.
- ✓ Elektron tidak mempunyai lintasan tertentu.
- ✓ Elektron menempati jarak-jarak tertentu dari inti atom.

b. BILANGAN-BILANGAN KUANTUM

Untuk menentukan kedudukan suatu elektron dalam atom, digunakan 4 bilangan kuantum.

1. Bilangan kuantum utama (n):

- ✓ Menunjukkan kulit (tingkat energi utama)
- ✓ Semakin dekat dengan kulit maka tingkat energi elektronnya semakin rendah
- ✓ Kulit K $\rightarrow n = 1$, Kulit L $\rightarrow n = 2$, Kulit M $\rightarrow n = 3$
Kulit N $\rightarrow n = 4$, Kulit O $\rightarrow n = 5$, Kulit P $\rightarrow n = 6$
- ✓ Jumlah elektron maksimum yang dapat menempati tingkat energi itu harus memenuhi rumus Pauli = $2n^2$. Contoh: kulit ke-4 ($n = 4$) dapat ditempati maksimum = 2×4^2 elektron = 32 elektron

2. Bilangan kuantum azimut (l):

- ✓ Menunjukkan subkulit/subtingkat energi elektron
- ✓ $l = 0, 1, 2, \dots$
nilai l maksimum = $n - 1$
 $l = 0$; subkulit s ($s = \text{sharp}$)
 $l = 1$; subkulit p ($p = \text{principle}$)
 $l = 2$; subkulit d ($d = \text{diffuse}$)
 $l = 3$; subkulit f ($f = \text{fundamental}$)

3. Bilangan kuantum magnetik (m):

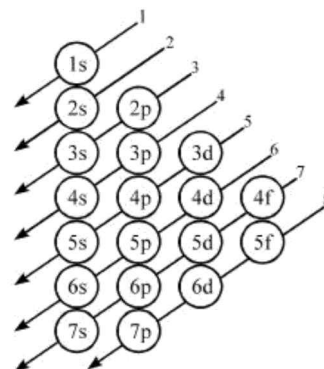
- ✓ Menyatakan di orbital mana kemungkinan elektron terdapat di dalamnya.
- ✓ $M = -l \text{ s/d } +l$
 $l = 0$ (subkulit s), harga $m = 0$ (mempunyai 1 orbital)
 $l = 1$ (subkulit p), harga $m = -1, 0, +1$ (mempunyai 3 orbital)
 $l = 2$ (subkulit d), harga $m = -2, -1, 0, +1, +2$ (mempunyai 5 orbital)
 $l = 3$ (subkulit f), harga $m = -3, -2, 0, +1, +2, +3$ (mempunyai 7 orbital)

4. Bilangan kuantum spin (s):

- ✓ Menyatakan arah rotasi elektron
- ✓ $s = +1/2 \rightarrow$ arah elektron \uparrow
 $s = -1/2 \rightarrow$ arah elektron \downarrow

c. KONFIGURASI ELEKTRON

1. **Prinsip Aufbau:** "Pengisian elektron dimulai dari tingkat energi paling rendah ke yang lebih tinggi".



Jadi, urutannya:

1s, 2s, 2p, 3s, 3p, 4s, 3d, 4p, 5s, 4d, 5p, 6s, 4f, ...

2. **Prinsip Pauli:** "Dalam satu atom tidak boleh ada elektron yang keempat bilangan kuantumnya sama".

Subkulit	Jumlah orbital	Maksimum elektron
S	1	2
P	3	6
D	5	10
F	7	14

**) setiap orbital maksimum 2 elektron

3. **Prinsip Hund:** "Pengisian elektron pada orbital suatu subkulit tidak boleh langsung berpasangan, tetapi harus masuk satu per satu setelah semua terisi baru boleh berpasangan."

d. STRUKTUR ATOM

1. Partikel Dasar Atom

Partikel Atom	Posisi dalam Atom	Muatan	Penemu
Proton	Di dalam inti	+1	Goldstein(1886)
Neutron	Di dalam inti	0	J. Chadwick (1932)
Elektron	Di luar inti	-1	J. J. Thomson (1897)

2. Notasi Atom

$\overset{A}{\underset{Z}{X}}$ X = lambang atom suatu unsur
A = nomor massa = massa atom
= jumlah proton + jumlah neutron
Z = nomor atom = jumlah proton

3. Isotop, Isobar, Isoton, dan Isolektron

- Isotop: nomor atom sama. Contoh: $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$, $^{18}_8\text{O}$
- Isobar: unsur yang nomor massanya sama. Contoh: $^{59}_{27}\text{Co}$ dengan $^{59}_{28}\text{Ni}$
- Isoton: unsur dengan jumlah neutron yang sama. Contoh: $^{13}_6\text{C}$ dengan $^{14}_7\text{N}$
- Isolektron: unsur dengan jumlah elektron yang sama. Contoh: $^{23}_{11}\text{Na}^+$ dengan $^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$ keduanya sama-sama memiliki jumlah elektron 10.

C. Sistem Periodik Unsur

a. PERKEMBANGAN SISTEM PERIODIK

1. Triade Dobereiner (1780-1849)

Dobereiner menemukan adanya beberapa kelompok tiga unsur yang memiliki kemiripan

sifat, yang ada hubungannya dengan massa atom.

Contoh:

Cl, Br, dan I

Ca, Sr, dan Ba

S, Se, dan Te

2. Hukum Oktaf Newlands

Apabila unsur disusun berdasarkan *kenaikan massa atom*. Unsur-unsurnya akan mempunyai sifat yang berulang tiap unsur kedelapan. Artinya, unsur pertama mirip dengan unsur kedelapan, unsur kedua mirip dengan unsur kesembilan, dan seterusnya.

3. Sistem Periodik Mendeleev

- Disusun berdasarkan massa atomnya dengan tidak mengabaikan sifat-sifat unsurnya.
- Disusun berdasarkan massa atomnya dengan tidak mengabaikan sifat-sifat unsurnya
- Lahiriah hukum periodik unsur yang menyatakan bahwa apabila unsur disusun menurut massa atomnya maka unsur itu akan menunjukkan sifat-sifat yang berulang secara periodik.

Keunggulan sistem periodik Mendeleev:

- Ada tempat bagi unsur transisi.
- Terdapat tempat-tempat kosong yang diramalkan akan diisi dengan unsur yang belum ditemukan pada waktu itu.

Kekurangan sistem periodik ini:

- Adanya empat pasal anomali, yaitu penyimpangan terhadap hukum perioditas yang disusun berdasarkan kenaikan massa atomnya. Keempat anomali itu adalah Ar dengan K, Te dengan I, Co dengan Ni, dan Th dengan Pa.

4. Sistem Periodik Modern/Periodik Panjang

Sistem ini merupakan penyempurnaan dari gagasan Mendeleev, disusun berdasarkan *nomor atomnya*. Sistem ini terdiri atas dua deret, deret horizontal yang disebut periodik dan deret vertikal yang disebut golongan.

a. Periode

Dalam sistem periodik, periode menunjukkan banyaknya kulit yang telah terisi elektron di dalam suatu atom.

Nomor periode = jumlah kulit

b. Golongan

Unsur yang terletak dalam satu golongan mempunyai sifat-sifat kimia yang mirip (hampir sama).

1. Unsur golongan utama = golongan A
Nomor golongan = jumlah elektron di kulit terluar (s+d)

Golongan	Nama Golongan	Elektron Valensi
IA	Alkali	ns^1
IIA	Alkali tanah	ns^2
IIIA	Boron	ns^2np^1
IVA	Karbon	ns^2np^2
VA	Nitrogen	ns^2np^3
VIA	Oksigen	ns^2np^4
VIIA	Halogen	ns^2np^5
VIIIA	Gas mulia	ns^2np^6

2. Unsur golongan transisi = golongan B
Nomor golongan = jumlah elektron di kulit terluar

$ns + nd = 8, 9, 10 \rightarrow$ golongan VIIIB

$ns + nd = 11 \rightarrow$ golongan IB

$ns + nd = 12 \rightarrow$ golongan IIB

3. Unsur transisi dalam
 - ✓ lantanida = berakhir di 4f
 - ✓ aktinida = berakhir di 5f

b. BEBERAPA SIFAT PERIODIK
UNSUR-UNSUR

1. **Jari-jari atom adalah** jarak dari inti atom ke lintasan elektron terluar.
 - ✓ Dalam satu periode, dari kiri ke kanan, jari-jari atom berkurang.
 - ✓ Dalam satu golongan, dari atas ke bawah, jari-jari atom bertambah.
 - ✓ Jari-jari atom netral lebih besar daripada jari-jari ion positifnya tetapi lebih kecil dari jari-jari ion negatifnya.

2. **Energi ionisasi** adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron yang paling lemah/luar dari atom suatu unsur atau ion dalam keadaan gas.

- ✓ Dalam satu periode, dari kiri ke kanan, energi ionisasi bertambah.
- ✓ Dalam satu golongan, dari atas ke bawah, energi ionisasi berkurang.

3. **Afinitas elektron** adalah besarnya energi yang dibebaskan pada saat atom suatu unsur dalam keadaan gas menerima elektron.

- ✓ Dalam satu periode, dari kiri ke kanan, afinitas elektron bertambah, tetapi paling besar VIIA bukan VIIIA.
- ✓ Dalam satu golongan, dari atas ke bawah, afinitas elektron berkurang.

4. **Keelektronegatifan** adalah kecenderungan atom suatu unsur untuk menarik elektron ke arah intinya dan digunakan bersama

- ✓ Dalam satu periode, dari kiri ke kanan, Keelektronegatifan bertambah, tetapi paling besar VIIA bukan VIIIA.
- ✓ Dalam satu golongan, dari atas ke bawah, keelektronegatifan berkurang.

5. **Sifat logam dan logam:** *Sifat logam* bergantung pada energi ionisasinya. Semakin sukar atom melepas elektron maka semakin berkurang sifat logamnya. *Sifat nonlogam* dikaitkan dengan nilai keelektronegatifan.

- ✓ Dalam satu golongan, dari atas ke bawah, sifat logam bertambah, sedangkan sifat nonlogam berkurang.
- ✓ Dalam satu periode, dari kiri ke kanan, sifat logam berkurang, sedangkan sifat nonlogam bertambah.

SIFAT-SIFAT PERIODIK UNSUR

IA																		VIIA													
1 H 2,1																		2 He -													
IIA																															
3 Li 1,0	4 Be 1,5																	5 B 2,0	6 C 2,5	7 N 3,0	8 O 3,5	9 F 4,0	10 Ne -								
11 Na 0,9	12 Mg 1,2	VIII																13 Al 1,5	14 Si 1,8	15 P 2,1	16 S 2,5	17 Cl 3,0	18 Ar -								
		IIIB		IVB		VB		VIB		VIIB		VIIIB		IB		IIB															
19 K 0,8	20 Ca 1,01	21 Sc 1,3	22 Ti 1,5	23 V 1,6	24 Cr 1,6	25 Mn 1,5	26 Fe 1,8	27 Co 1,8	28 Ni 1,8	29 Cu 1,9	30 Zn 1,6	31 Ga 1,6	32 Ge 1,8	33 As 2,0	34 Se 2,4	35 Br 2,8	36 Kr -														
37 Rb 0,8	38 Sr 1,0	39 Y 1,2	40 Zr 1,4	41 Nb 1,6	42 Mo 1,8	43 Tc 1,9	44 Ru 2,2	45 Rh 2,2	46 Pd 2,2	47 Ag 1,9	48 Cd 1,7	49 In 1,8	50 Sn 1,8	51 Sb 1,9	52 Te 2,1	53 I 2,5	54 Xe -														
55 Cs 0,7	56 Ba 0,9	57 La 1,1	58 Ce 1,3	59 Pr 1,5	60 Nd 1,7	61 Pm -	62 Sm 2,2	63 Eu 2,2	64 Gd 2,2	65 Tb 2,4	66 Dy 2,4	67 Ho 2,4	68 Er 1,9	69 Tm 1,8	70 Yb 1,8	71 Lu 1,9	72 Hf 1,3	73 Ta 1,5	74 W 1,7	75 Re 1,9	76 Os 2,2	77 Ir 2,2	78 Pt 2,2	79 Au 2,4	80 Hg 1,9	81 Tl 1,8	82 Pb 1,8	83 Bi 1,9	84 Po 2,0	85 At 2,2	86 Rn -
87 Fr 0,7	88 Ra 0,9	89 Ac 1,1																	101 Md -	102 No -											

Cara membaca:

Dari bawah ke atas dan dari kiri ke kanan

- **Jari-jari** makin kecil
- **Energi ionisasi** makin besar kecuali gol IIA dan VA
- **Keelektonegatifan** makin besar kecuali golo VIIIA
- **Afinitas elektron** makin besar kecuali gol IIA, VA, dan VIIIA
- **Sifat logam** dan **sifat basa** berkurang



STOIKIOMETRI, ATOM, DAN SISTEM PERIODIK UNSUR

CONTOH SOAL

1. Soal SPMB

Pupuk ZA mengandung 264 g amonium sulfat ($M_r = 132$). Jika $A_r = 14$ maka massa N dalam gram dari senyawa tersebut adalah...

- (A) 56,0
(B) 28,0
(C) 14,0
(D) 5,6
(E) 2,8

Jawaban: A

Amonium sulfat memiliki rumus molekul $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \rightarrow M_r = 132$
Σ unsur N dalam senyawa adalah 2
Maka, massa N:

$$m_{\text{unsur}} = \frac{\sum \text{unsur} \times A_r \text{ unsur}}{M_r \text{ Senyawa}} \times m \text{ senyawa}$$

$$m_{\text{N}} = \frac{2 \times 14}{132} \times 264 \text{ gram} \\ = 56 \text{ gram}$$

2. Soal SNMPTN

Analisis 930 gram cuplikan menghasilkan

115 gram natrium ($A_r, \text{Na} = 23$), 495 gram technetium ($A_r, \text{Tc} = 99$), dan sisanya adalah oksigen ($A_r, \text{O} = 16$). Rumus empiris senyawa dari cuplikan tersebut

- (A) NaTcO_2
(B) NaTcO_3
(C) NaTcO_4
(D) NaTc_2O_2
(E) NaTc_2O_4

Jawaban: C

$m_{\text{Na}} = 115 \text{ gram}$ ($A_r, \text{Na} = 23$)
 $m_{\text{Tc}} = 495 \text{ gram}$ ($A_r, \text{Tc} = 99$),
($A_r, \text{O} = 16$).

Massa oksigen = massa cuplikan – (massa natrium + massa technetium)
 $= 930 - (115 + 495)$
 $= 320 \text{ gram}$

Mencari rumus empiris:

