



BAB V

WUJUD ZAT

- A. Standar Kompetensi: Memahami tentang ilmu kimia dan dasar-dasarnya serta mampu menerapkannya dalam kehidupan sehari-hari terutama yang berhubungan langsung dengan kehidupan.
- B. Kompetensi Dasar : Memahami konsep wujud zat, hukum yang berlaku untuk gas ideal, penyimpangan gas ideal, efusi dan difusi molekul serta sistem kristal
- C. Uraian materi :

A. PENGANTAR

Diantara ketiga wujud zat yang ada, yaitu keadaan-keadaan gas (juga dikenal sebagai uap) tidak mempunyai bentuk dan volume tertentu, melainkan menyesuaikan dengan bentuk dan volume dari tempatnya; cair –mempunyai volume yang tidak bergantung pada tempatnya tetapi tidak mempunyai bentuk yang spesifik; dan padat –mempunyai bentuk dan volume yang tetap. Keadaan gas merupakan yang relatif mudah dipelajari, karena interaksi antar molekul dalam gas paling kecil dan sifat masing-masing molekul dapat lebih mudah diamati.

B. HUKUM-HUKUM YANG BERLAKU UNTUK GAS IDEAL

1. Hukum Boyle,
 $pV = k$ (n, T tetap)
2. Hukum Charles dan Gay-Lussac,
 $V = kT$ (n, p tetap)
3. Hukum Avogadro,
 $V = kn$ (T, p tetap)
4. Hukum Dalton (berlaku secara umum),
 $p_t = \sum p_i$ (T, V tetap)
 $= p_1 + p_2 + p_3 + \dots$
 $p_i = X_i \cdot p_t$ (1)

C. PERSAMAAN GAS IDEAL

Dari hukum-hukum gas (Hukum Boyle, Charles-Gay Lussac dan Avogadro) ternyata bahwa volume gas, V , adalah fungsi dari jumlah mol, n , tekanan, P , dan temperatur, T .

$$V = f(n,P,T)$$

Apabila persamaan ini dideferensiasi dan disubstitusikan ungkapan dari hukum-hukum di atas, kemudian diintegrasikan maka akan diperoleh suatu persamaan:

$$PV = nRT \quad (2)$$

Persamaan gas ideal dapat digunakan untuk menentukan densitas (kerapatan) suatu gas, massa molarnya dan volume gas yang terbentuk atau dikonsumsi dalam reaksi kimia.

$$d = \frac{pM}{RT} \quad M = \frac{dRT}{p} \quad (3)$$

dimana d adalah densitas dan M adalah massa molar.

D. PERSAMAAN VAN DER WAALS

Salah satu persamaan yang paling berguna untuk memprediksi sifat gas nyata adalah persamaan van der Waals:

$$p = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2 a}{V^2}$$

koreksi untuk volume molekul *koreksi untuk atraksi molekul*

yang umumnya disusun dalam bentuk yang umum dari persamaan van der Waals sebagai berikut:

$$\left(p + \frac{n^2 a}{V^2} \right) (V - nb) = nRT \quad (4)$$

D. DIFUSI DAN EFUSI MOLEKUL

T. Graham (1846) menemukan bahwa laju efusi suatu gas adalah berbanding terbalik terhadap kudrat akar massa molarnya. Jika laju efusi dua zat adalah r_1 dan r_2 dan masing-masing massa molarnya adalah M_1 dan M_2 , hukum Graham menyatakan:

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad (5)$$

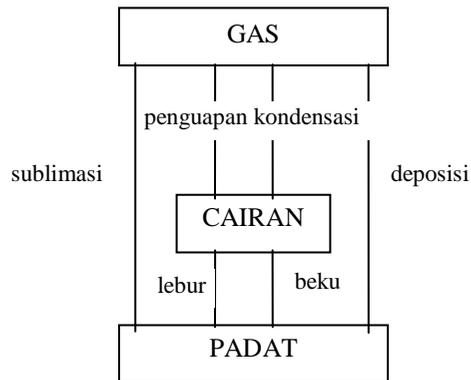
F. CAIRAN

Cairan mempunyai sifat-sifat seperti viskositas dan tegangan permukaan. Ketahanan suatu cairan untuk mengalir disebut viskositasnya. Semakin besar viskositas suatu cairan, makin

lambat cairan tersebut mengalir. Viskositas berhubungan dengan kemudahan molekul individual dari cairan untuk bergerak terhadap yang lainnya.

Ukuran gaya ke dalam yang harus diatasi untuk supaya memperluas permukaan suatu cairan dinyatakan oleh *tegangan permukaannya*.

Banyak sifat-sifat cairan dan padatan berhubungan dengan kemudahan dimana keduanya berubah dari keadaan yang satu ke yang lainnya. Transformasi-transformasi ini disebut *perubahan fasa* atau perubahan keadaan.



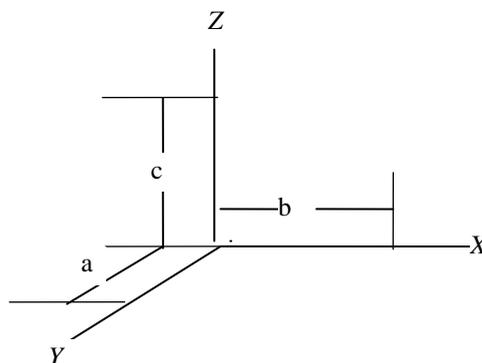
G. SISTEM KRISTAL

Ada dua jenis zat padat, yaitu: padatan amorf dan padatan kristal. Padatan amorf mempunyai titik leleh yang tidak jelas, sedangkan padatan kristal memiliki susunan yang teratur dan titik lebur yang jelas.

Kisi ruang adalah barisan tiga dimensi teratur dari titik-titik serupa dalam suatu zat padat kristalin. Satuan sel adalah bagian terkecil dari suatu kisi kristal yang dapat digunakan untuk mencirikan struktur kristal tersebut.

Bilangan koordinasi suatu atom atau ion adalah jumlah atom atau ion tetangga terdekat.

Geometri kristal dapat dinyatakan dengan seperangkat tiga sumbu yang disebut kristalografi dan sudut-sudut diantara sumbu.



Berdasarkan panjang sumbu dan sudut, dikenal tujuh sistem kristal seperti pada tabel di bawah ini:

Tabel 5.1. Tujuh Sistem Kristal

Sistem	Sumbu	Sudut
Kubus	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Tetragonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Heksagonal	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ \gamma = 120^\circ$
Rombohedral	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$
Ortorombik	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
Monoklin	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ \neq \gamma$
Triklin	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$

Sistem kubus mempunyai tiga kisi titik atau sel satuan, yaitu:

- kubus sederhana (sc = simple cubic)
- kubus berpusat muka (fcc = face centered cubic)
- kubus berpusat badan (bcc = face centered cubic)

Tabel 5.2. Pecahan suatu atom yang menempati sel satuan untuk beragam posisi.

Posisi dalam sel satuan	Pecahan dalam sel satuan
Pusat	1
muka	1/2
sisi	1/4
sudut	1/8

Jumlah Partikel per satuan sel

- a. Kubus sederhana : $8 \text{ sudut} \times 1/8 \text{ per sudut} = 1 \text{ atom}$
- b. Kubus berpusat muka : $8 \text{ sudut} \times 1/8 \text{ per sudut} = 1 \text{ atom}$
 $6 \text{ muka} \times 1/2 = 3 \text{ atom}$
Jumlah = 4 atom
- c. Kubus berpusat badan : $8 \text{ sudut} \times 1/8 \text{ per sudut} = 1 \text{ atom}$
 $1 \text{ badan} \times 1 = 1 \text{ atom}$
Jumlah = 2 atom

Jari-jari kristal berbentuk kubus adalah:

- a). kubus berpusat muka: $r = 1/4 a\sqrt{2}$
- b). kubus berpusat badan: $r = d/4 a\sqrt{3}$
- c). kubus berpusat badan
 ukuran bola yang berbeda $2(r_1 + r_2) = a\sqrt{3} = d$

Untuk menggambarannya digunakan indek Miller yang dituliskan dengan lambang (hkl). Hubungan antara struktur kristal dan difraksi sinar-X dinyatakan sebagai persamaan Bragg:

$$n \lambda = 2 d \sin \phi \quad (6)$$

- n = bilangan bulat: 1,2,3,... (=orde pantulan)
 λ = panjang gelombang sinar-X
 d = jarak antar bidang
 θ = sudut antara sinar datang dan bidang kisi.

Persamaan di atas dapat juga ditulis:

$$\lambda = 2 d_{hkl} \sin\phi \quad (7)$$

dimana d_{hkl} adalah jarak antar bidang dengan indeks Miller (hkl)

Rumus umum untuk jarak antar bidang d_{hkl} , dalam sistem kubus dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad (8)$$

a adalah panjang rusuk kubus. Salah satu hasil studi difraksi sinar-X adalah penentuan tetapan Avogadro.

$$L = \frac{\text{jumlah partikel} \times \text{massa partikel relatif}}{\text{volume sel satuan} \times \text{kerapatan}}$$

Latihan:

1. Sebuah wadah bervolume $3,0 \text{ dm}^3$ mengandung CO_2 pada tekanan 200 kPa dan satu lagi wadah bervolume $1,0 \text{ dm}^3$ mengandung N_2 pada tekanan 300 kPa. Bila kedua gas dipindahkan ke dalam satu wadah dengan volume $1,5 \text{ dm}^3$. Hitung tekanan total campuran gas. Temperatur dipertahankan tetap selama percobaan.
2. Suatu gas menempati volume 0,4 L pada 0°C dan tekanan 76 cmHg. Hitung volume yang ditempati gas tersebut pada 100°C dan tekanan 76 cmHg!
3. Suatu campuran gas yang terdiri atas 50 g oksigen dan 50 g metana, ditempatkan dalam suatu tabung dan mempunyai tekanan 760 mmHg. Berapa tekanan parsial gas oksigen?
4. Kecepatan difusi suatu gas $1/3$ kecepatan difusi gas metana, CH_4 . Berat molekul gas tersebut?
5. Logam tembaga ($A_r \text{ Cu} = 63,5$) mengkristal dalam bentuk kubus berpusat muka (fcc) dan mempunyai kerapatan $8,96 \text{ g/cm}^3$ ($L = 6,02 \times 10^{23}$). Berapa panjang rusuk sel satuan dari kristal tembaga yang dinyatakan dalam \AA ?
6. Jika, indeks Weiss suatu bidang kristal adalah $(2/3 \sim 1/2)$. Tentukan indeks Millernya!
7. Hitung tekanan yang CCl_4 akan terdesak pada 40°C jika 1,0 mol menempati 28,0L, asumsikan bahwa:
 - a. CCl_4 mengikuti persamaan gas-ideal.
 - b. CCl_4 mengikuti persamaan van der Waals.
(untuk CCl_4 a adalah $20,4 \text{ L}^2\text{-atm/mol}^2$ dan b adalah $0,1383 \text{ L/mol}$)
8. Logam tembaga mempunyai struktur fcc (kubus berpusat muka) dengan semua atomnya pada titik kisi. Kerapatannya $8,93 \text{ g/cm}^3$, berat atomnya 63,5 sma. Hitung panjang rusuk sel (satunya dalam pm)!
9. Hitunglah volume gas CO_2 yang dibentuk jika 100 mL 0,4 M HCl ditambah 2,4 g Na_2CO_3 menurut reaksi: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 (\text{g})$ ($T=303\text{K}$, $p=0,94 \text{ atm}$)!