

## Part I

### Definisi

Hukum van der Waals merumuskan perilaku gas non-ideal (gas nyata)

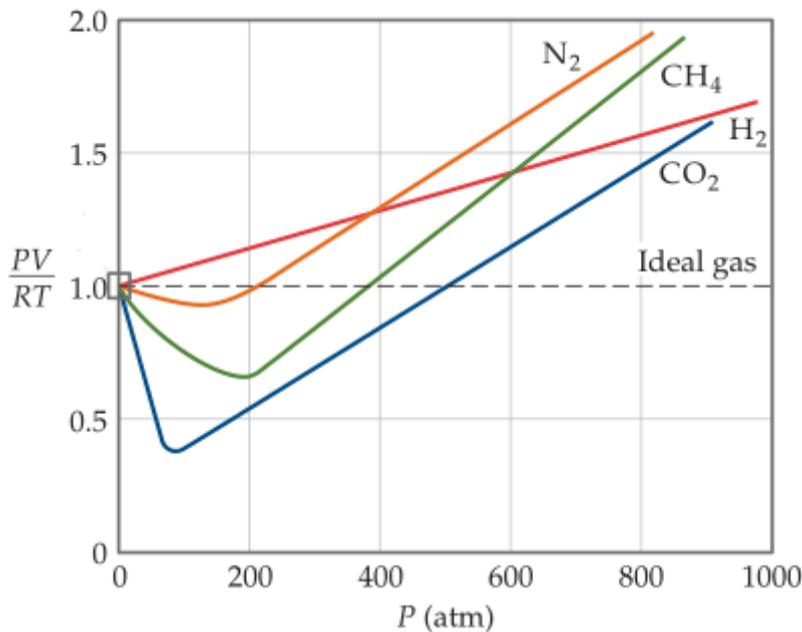
Hukum Graham menyatakan bahwa laju efusi suatu gas berbanding terbalik dengan akar dari massanya

## Part II

### Hukum Gas 2

#### Hukum Gas van der Waals

Dari data-data yang dikumpulkan mengenai gas-gas nyata, diketahui bahwa terdapat penyimpangan terhadap perilaku gas ideal. Seperti terlihat pada grafik berikut ini, dimana diplot nilai  $\frac{PV}{RT}$  terhadap P untuk tiap mol beberapa gas.



Untuk suatu gas ideal, seharusnya nilai  $\frac{PV}{RT}$  konstan pada 1,00 bila digunakan 1,00 mol gas sesuai persamaan gas ideal.

Perilaku non-ideal ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Hukum Boyle memprediksi bahwa, pada tekanan yang sangat tinggi, volume suatu gas menjadi sangat kecil dan mendekati nol. Tentunya hal ini tidak mungkin terjadi, karena molekul-molekul gas tersebut menempati ruang, yang tidak dapat dikompresi lebih lanjut. Sehingga nilai  $PV$  pada temperatur tinggi akan bernilai lebih tinggi dari 1.

Selain itu, penyimpangan ini terjadi karena adanya interaksi intermolekuler antara molekul gas, sehingga gaya tumbukan antara molekul gas dengan dinding wadah menjadi lebih rendah dibanding yang diharapkan (gas ideal). Karena gaya tumbukan menjadi lebih lemah Interaksi ini akan makin kuat pada temperatur rendah, karena pergerakan molekul gas yang lambat.

Apabila dirangkum:

1. Suatu gas akan bersifat paling ideal pada suhu tinggi dan tekanan rendah
2. Suatu gas akan bersifat paling non-ideal pada suhu rendah dan tekanan tinggi/

Pada kondisi non-ideal, atau disebut juga untuk gas nyata, kita dapat menggunakan persamaan van der Waals berikut:

$$\left(P + \frac{an^2}{V^2}\right) (V - nb) = nRT$$

dimana  $a$  dan  $b$  adalah konstanta van der Waals dengan nilai yang berbeda untuk setiap molekul gas, yang dapat dirangkum sebagai berikut:

	$a(\text{L}^2\text{-atm/mol}^2)$	$b (\text{L/mol})$
He	0.0341	0.02370
Ne	0.211	0.0171
Ar	1.34	0.0322
Kr	2.32	0.0398
Xe	4.19	0.0510
H <sub>2</sub>	0.244	0.0266
N <sub>2</sub>	1.39	0.0391
O <sub>2</sub>	1.36	0.0318
Cl <sub>2</sub>	6.49	0.0562
H <sub>2</sub> O	5.46	0.0305
CH <sub>4</sub>	2.25	0.0428
CO <sub>2</sub>	3.59	0.0427
CCl <sub>4</sub>	20.4	0.1383

Konstanta  $a$  disebut juga konstanta proporsionalitas yang menunjukkan kuatnya interaksi intermolekuler antar molekul gas tersebut. Sementara konstanta  $b$  menunjukkan pengaruh dari volume molekul gas itu sendiri.

## Hukum Gas Graham

Pada 1846, Thomas Graham mengemukakan bahwa laju efusi suatu gas berbanding terbalik dengan akar dari massa molarnya. Bila laju efusi dua jenis gas dilambangkan dengan  $r_1$  dan  $r_2$  sementara massa molarnya adalah  $M_1$  dan  $M_2$ , maka persamaan Hukum Graham adalah :

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

Hukum Graham laju molekul gas dapat diturunkan sebagai berikut: laju suatu molekul gas dirumuskan sebagai kecepatan *root mean square* nya, maka didapat persamaan berikut:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\mu_{rms1}}{\mu_{rms2}} = \sqrt{\frac{3RT/M_1}{3RT/M_2}}$$

maka, pada kondisi temperatur yang sama, nilai  $3RT$  konstan, sehingga didapat persamaan hukum Graham.

Namun harus diperhatikan bahwa Hukum Graham memiliki beberapa keterbatasan, antara lain ia hanya berlaku untuk sistem pada tekanan rendah, dimana efusi terjadi pada satu per satu molekul gas, bukan dalam jumlah yang besar. Selain itu hukum ini juga tidak berlaku untuk difusi karena pada proses difusi molekul gas saling bertumbukan satu sama lain, sehingga secara kuantitatif persamaan Graham tidak dapat digunakan untuk difusi.

Secara umum, Hukum Graham dapat digunakan untuk menghitung rasio dari

- laju molekul
- laju efusi
- waktu efusi
- jarak yang ditempuh molekul gas
- jumlah gas yang berefusi

yang sama besar dengan akar dari rasio massa molekul gas yang dibandingkan

### Part III

## Contoh Soal dan Pembahasan

1. Apabila 71 g gas klorin ditempatkan di dalam wadah dengan volume 2,00 L pada 273 K, tentukan tekanan nyatanya! (konstanta v.d.W :  $a = 6,49 L^2 atm mol^{-2}$ ,  $b = 0,0562 L mol^{-1}$ )

Jawaban

Gas klorin ( $Cl_2$ ) memiliki jumlah mol :

$$71g \times \frac{1mol}{71g} = 1mol$$

kita ubah bentuk persamaan van der Waals untuk tekanan:

$$\begin{aligned} P &= \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2a}{V^2} \\ &= \frac{1 \times 0,082 \times 273}{2 - 1 \times 0,0562} - \frac{1^2 \times 6,49}{2^2} atm \\ &= 9,9 atm \end{aligned}$$

Wardaya College