

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA
Universitas Gadjah Mada (UGM)

KIMIA FISIK 1 (THERMODYNAMIKA)
Sistem Gas dan Persamaan Keadaan Sistem bagian 1

Drs. Iqmal Tahir, M.Si.
Laboratorium Kimia Fisika., Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 55281

Tel : 087 838 565 047; Fax : 0274-565188
Email : iqmal.tahir@yahoo.com

Website :
<http://iqmal.staff.ugm.ac.id>
<http://iqmaltahir.wordpress.com>

Tiga fasa materi : padat, cair dan

(a) Particles in a solid (b) Particles in a liquid (c) Particles in a gas

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Tembaga
Fase padat $\leq 1083^\circ\text{C}$

GAS LIQUID SOLID

Molecule Chamber

Fase cair $1083-2594^\circ\text{C}$

GAS LIQUID SOLID

Molecule Chamber

Fase gas $\geq 2595^\circ\text{C}$

GAS LIQUID SOLID

Molecule Chamber

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Perbandingan sifat materi di alam
Observed properties of matter

Property	State		
	Solid	Liquid	Gas
Density	High	High (like solids)	Low
Shape	Fixed	Takes shape of lower part of container	Expands to fill the container
Compressibility	Small	Small	Large
Thermal expansion	Very Small	Small	Moderate

5-3

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Materi di alam
Elemental states at 25°C

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

5-2

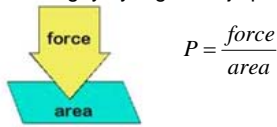
Sifat gas

Empat kuantitas untuk menyatakan keadaan gas:

- A) Temperatur (Kelvin, K)
- B) Jumlah molekul / partikel (mol, n)
- C) Volume (liter, L)
- D) Tekanan (atmosfer, atm)

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

I. Tekanan – Ukuran gaya yang bekerja pada satuan luas.



Satuan tekanan:

A) Sistem Inggris

760 mm Hg = 760 torr = 1 atm

B) Sistem SI

pascal (Pa) = 1 newton / m²
1 bar = 100,000 Pa = 100 kPa

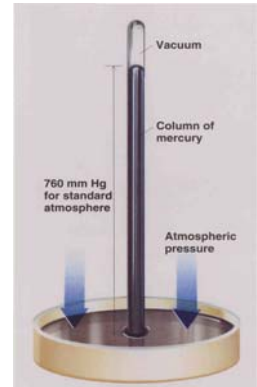
C) Inggris → SI

1 atm = 101,325 Pa = 101.3 kPa
1 atm = 1.013 bar = 760 mmHg



Barometer raksa

Diciptakan oleh Evangelista Torricelli (1646) untuk mengukur tekanan yang bekerja di atmosfer bumi.



Mengapa dipilih raksa bukan air?

Densitas raksa (13.53 g/cm³) vs. density air (0.997 g/cm³). Berapa tinggi barometer air pada tekanan udara 1 atm ?



II. Hukum Gas

A)



Hukum **Boyle** – Volume dari sejumlah tertentu gas pada suatu temperatur berbanding terbalik dengan tekanannya.
Robert Boyle (1627-1691)

$$V \propto \frac{1}{P}$$

Secara matematik –

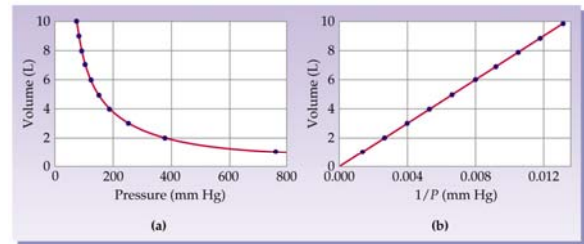
$$V = c_B \cdot \frac{1}{P} \Rightarrow PV = c_B$$

Untuk sistem dengan perubahan P dan V :

$$P_1V_1 = P_2V_2 \quad \text{pada } T \text{ \& } n \text{ konstan}$$



Grafik Hukum Boyle



$$V \propto \frac{1}{P}$$

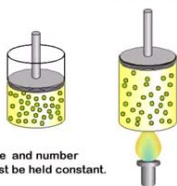


B) Hukum Charles - Jika sejumlah tertentu gas dijaga pada tekanan konstan, volume gas berbanding langsung dengan temperatur gas.

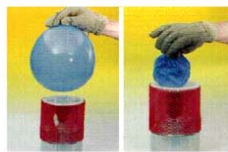


Jacques Alexandre Césaire Charles (1746-1823)

When you heat a sample of a gas, its volume increases



The pressure and number of moles must be held constant.



Placing an air filled balloon near liquid nitrogen (77 K) will cause the volume to be reduced. Pressure and the number of moles are constant.



B) Hukum Charles - Jika sejumlah tertentu gas dijaga pada tekanan konstan, volume gas berbanding langsung dengan temperatur gas.

$$V \propto T$$

Secara matematika –

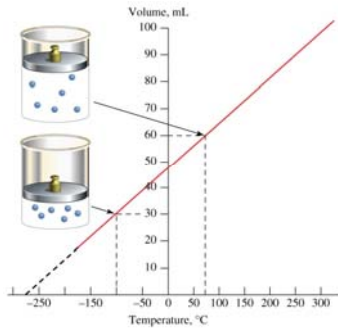
$$V = c_C \cdot T \Rightarrow \frac{V}{T} = c_C$$

Untuk sistem dengan perubahan T dan V –

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{Pada } P \text{ \& } n \text{ konstan}$$



Gambaran Hukum Charles dan Titik nol Absolute



LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

C) Hukum kombinasi Gas Law (Hukum umum Gas)

Hukum Boyle

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Hukum Charles

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

D) Hukum Avogadro - Untuk gas dengan volume yang sama pada temperatur dan tekanan konstan akan memiliki jumlah molekul yang sama.



$$V \propto n$$

Secara matematik –

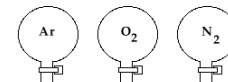
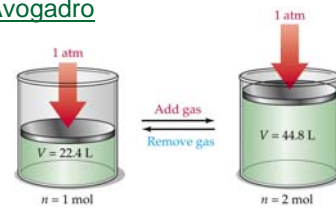
$$V = c_A \cdot n \Rightarrow \frac{V}{n} = c_A$$

Untuk suatu sistem, perubahan n and V –

$$\frac{V_1}{n_1} = \frac{V_2}{n_2} \text{ pada } P \text{ \& } T \text{ konstan}$$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Hukum Avogadro



Volume:	22.4 L	22.4 L	22.4 L
Mass:	40 g	32 g	28 g
Quantity:	1 mol	1 mol	1 mol
Pressure:	1 atm	1 atm	1 atm
Temperature:	273 K	273 K	273 K

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

III. Hukum gas Ideal

Hukum Boyle

$$V \propto \frac{1}{P}$$

Hukum Charles

$$V \propto T$$

Hukum Avogadro

$$V \propto n$$

$$V \propto \frac{Tn}{P}$$

Secara matematik –

$$V = R \left(\frac{nT}{P} \right) \Rightarrow PV = nRT$$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Keadaan STP – Standard Temperature and Pressure

Temperatur Standar = 273.15 K

(0°C)

Tekanan Standar = 1 atm

Pada keadaan STP, 1 mol gas menempati ruang 22.414 L (Standard Molar Volume)

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{(1 \text{ atm})(22.414 \text{ L})}{(1.0 \text{ mol})(273.15 \text{ K})} = 0.08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

$$R = \text{Konstanta Gas Universal} = 0.08206 \frac{\text{L} \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

LABORATORIUM KIMIA FISIKA
Jurusan Kimia - FMIPA, UGM

Penentuan massa molar suatu gas dengan Hukum Gas ideal

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow PV = \left(\frac{m}{M}\right)RT$$

Dengan : m = massa & M = massa molar

$$\text{Maka: } M = \frac{mRT}{PV}$$

Densitas dan hukum gas ideal

$$d = \frac{m}{V} = \frac{PM}{RT}$$

IV. Hukum Gas dan reaksi kimia

Untuk reaksi umum:



- Dengan a , b , & c adalah koefisien stoikiometri untuk spesies A, B, & C, maka V , P , n , or T untuk setiap spesies dapat dihitung dengan menggunakan hukum gas ideal.

V. Campuran Gas dan tekanan parsial

Hukum Dalton tentang tekanan parsial

Tekanan total dari suatu campuran gas sama dengan jumlah dari tekanan parsial dari masing-masing komponen gas.



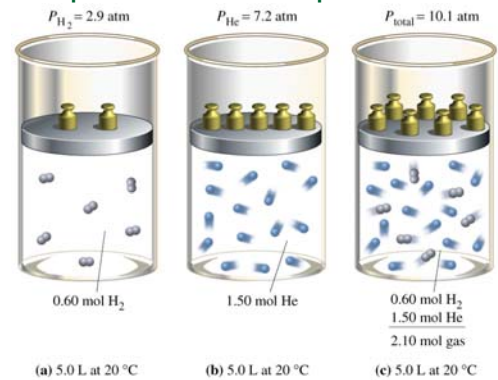
John Dalton (1766 – 1844)

Secara matematik:

$$P_{\text{total}} = p_1 + p_2 + p_3 \dots$$

Pada V & T konstan, p tergantung dari n

V. Campuran Gas dan tekanan parsial



Untuk campuran tiga macam gas A, B, & C

Dimana:

n_A = jumlah mol gas A

n_B = jumlah mol gas B

n_C = jumlah mol gas C

Dan :

$$n_{\text{total}} = n_A + n_B + n_C$$

Sehingga:

$$P_{\text{total}} = n_{\text{total}} \frac{RT}{V}$$

Tekanan parsial suatu gas bergantung pada fraksi mol gas tersebut.

$$\text{Mole Fraction } (X_i) = \frac{n_i}{n_{\text{total}}}$$

Dengan n_i = # mol dari satu komponen gas dalam campuran

Untuk campuran dengan komponen A, B, & C

$$X_A = \frac{n_A}{n_A + n_B + n_C} = \frac{n_A}{n_{\text{total}}} = \frac{P_A}{P_{\text{total}}}$$

Sehingga:

$$P_A = X_A P_{\text{total}}$$