



**Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**



# TEORI KINETIK GAS

Oleh: Aulia Siti Aisjah  
Tutug Dhanardono

# OUT LINE

Pengantar

**Materi**

Contoh Soal

Ringkasan

Latihan

Asesmen

Gas Ideal

Perhitungan Energi Kinetik



www.ColorBandit.com

## Capaian Pembelajaran

*Mampu menjelaskan fenomena fisika pada gas ideal dan persamaan yang berlaku pada kinematika gas ideal*

Perhatikan Gambar di samping, Bagaimana balon udara dapat terangkat ke atas?

Apakah bergantung pada volume gas yang ada di dalamnya?, atukah suhu dan tekanan Gas yang ada di dalamnya?





Sifat gas ideal, yang telah dibahas pada Bab sebelumnya, didasarkan pada:

- Tekanan
- Volume
- Suhu

Hukum Newton tentang gerak akan digunakan untuk menjelaskan fenomena proses termodinamika.

Interaksi molekul pada Gas mempunyai sifat lebih lemah dibandingkan dengan fluida cair, maupun padatan.

### **Ingat**

1 mole adalah jumlah atom pada 12 gram atom Carbon-12

**Bilangan Avogadro  $N_A$**

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

*Sumber: Holiday & Resnick, Physics*





# Fenomena Gas

- Permukaan bumi dikelilingi oleh gas
- Oksigen merupakan salah satu gas yang menopang semua kehidupan makhluk hidup
- Uap merupakan salah satu jenis gas
- Balon udara dapat terangkat karena adanya gas
- ....





## Sifat – sifat penting Gas

### 1) Gas bersifat kompressible

Gaya dari luar akan memampatkan gas dan menurunkan volume nya, sehingga terjadi perpindahan gaya eksternal menjadi penambahan volume

### 2) Gas bersifat berkembang secara termal

Saat gas dipanaskan volume bertambah dan saat didinginkan volume nya berkurang

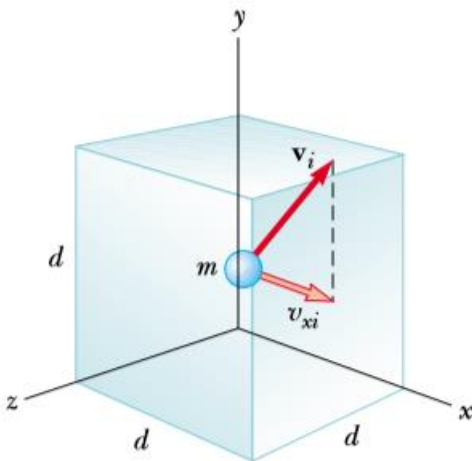
### 3) Gas mempunyai viskositas tinggi

Gas mengalir dengan mudah dibandingkan dengan fluida cair

### 4) Semua Gas mempunyai rapat massa rendah

Orde rapat massa gas dalam gram per liter, sedangkan fluida cair dan padatan 1000 kalinya (dalam gram per cm kubik)





**Figure 21.1** A cubical box with sides of length  $d$  containing an ideal gas. The molecule shown moves with velocity  $v_i$ .

Model gas ideal diibaratkan pada sebuah kubus, dan molekul gas digambarkan dalam bentuk materi bermassa  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v_i$

Jumlah  $n$  mol merupakan rasio dari jumlah molekul  $N$  terhadap jumlah molekul dalam  $N_A$

$$n = \frac{N}{N_A}$$

Atau dinyatakan dalam bentuk persamaan di bawah, dengan  $M_{\text{sam}}$  = massa sample gas,  $M$  = massa 1 molekul gas

$$n = \frac{M_{\text{sam}}}{M} = \frac{M_{\text{sam}}}{mN_A}$$





## Gas Ideal

Gas apapun dalam sebuah wadah yang tertutup, akan berlaku hubungan Persamaan Gas Ideal

$$pV = nRT \quad (\text{ideal gas law}),$$

$p$  = tekanan absolut

$n$  = jumlah mol gas

$T$  = suhu gas dalam derajat Kelvin

$R$  = konstanta gas, bernilai sama untuk semua gas = 8,31 J/mol.K

Konstanta Boltzman,  $k$

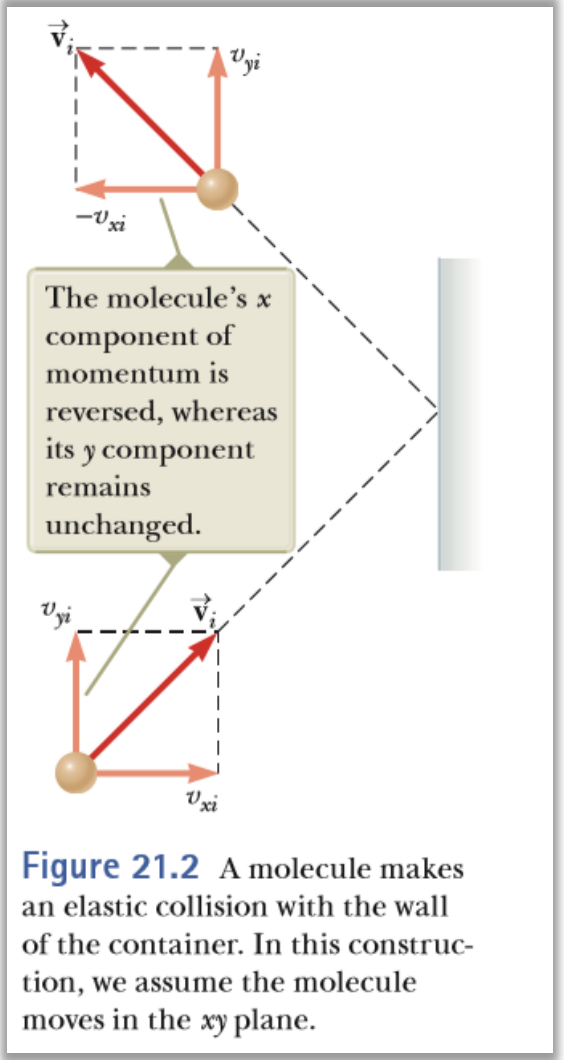
$$k = \frac{R}{N_A} = \frac{8.31 \text{ J/mol} \cdot \text{K}}{6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}} = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}.$$

Persamaan gas ideal, dapat dituliskan:  **$nR = Nk$**

$$pV = NkT \quad (\text{ideal gas law}).$$







Molekul mengalami tumbukan elastis sempurna pada dinding yang melingkupinya, karena massa dinding jauh lebih besar dibandingkan dengan massa molekul, dan kecepatan pantul akan berlawanan dengan kecepatan saat menumbuk.

Perubahan momentum linier dari molekul

$$\Delta p_{xi} = -mv_{xi} - (mv_{xi}) = -2mv_{xi}$$

Teorema Impuls momentum

$$\bar{F}_{i, \text{ on molecule}} \Delta t_{\text{collision}} = \Delta p_{xi} = -2mv_{xi}$$

Lama waktu tumbukan, adalah jarak sebelum dan sesudah menumbuk dinding dibagi kecepatan molekul

$$\Delta t = \frac{2d}{v_{xi}}$$





Perubahan momentum setiap perjalanan

$$\bar{F}_i \Delta t = -2m_0 v_{xi}$$

Besarnya gaya rata-rata dinding kubus yang dikenakan pada molekul

$$\bar{F}_i = -\frac{2m_0 v_{xi}}{\Delta t} = -\frac{2m_0 v_{xi}^2}{2d} = -\frac{m_0 v_{xi}^2}{d}$$

Gaya molekul rata-rata yang dikenakan pada dinding

$$\bar{F}_{i, \text{on wall}} = -\bar{F}_i = -\left(-\frac{m_0 v_{xi}^2}{d}\right) = \frac{m_0 v_{xi}^2}{d}$$

Jumlah gaya aksi molekul pada dinding

$$\bar{F} = \sum_{i=1}^N \frac{m_0 v_{xi}^2}{d} = \frac{m_0}{d} \sum_{i=1}^N v_{xi}^2$$

Besarnya kecepatan kuadrat rata-rata molekul

$$\overline{v_x^2} = \frac{\sum_{i=1}^N v_{xi}^2}{N} \rightarrow \sum_{i=1}^N v_{xi}^2 = N \overline{v_x^2}$$





Besarnya gaya total pada dinding

$$F = \frac{m}{d} N \overline{v_x^2}$$

Dengan asumsi bahwa kecepatan translasi pada 3 arah x, y dan z, kecepatan molekul  $v_i^2 = v_{xi}^2 + v_{yi}^2 + v_{zi}^2$

Kecepatan rata – rata nya  $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$

Diasumsikan dalam 3 arah  
kecepatan nya sama  $\overline{v^2} = 3\overline{v_x^2}$

Besar gaya molekul pada dinding  $F = \frac{N}{3} \left( \frac{m\overline{v^2}}{d} \right)$

Total tekanan pada dinding, gaya dari molekul per satuan luas

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{d^2} = \frac{1}{3} \left( \frac{N}{d^3} m\overline{v^2} \right) = \frac{1}{3} \left( \frac{N}{V} \right) m\overline{v^2}$$

$$P = \frac{2}{3} \left( \frac{N}{V} \right) \left( \frac{1}{2} m\overline{v^2} \right)$$





# Interpretasi Suhu Gas

$$P = \frac{F}{A} = \frac{F}{d^2} = \frac{1}{3} \left( \frac{N}{d^3} m \overline{v^2} \right) = \frac{1}{3} \left( \frac{N}{V} \right) m \overline{v^2}$$

$$P = \frac{2}{3} \left( \frac{N}{V} \right) \left( \frac{1}{2} m \overline{v^2} \right)$$



$$PV = \frac{2}{3} N \left( \frac{1}{2} m \overline{v^2} \right)$$

Persamaan Gas Ideal

$$PV = N k_B T$$



$$T = \frac{2}{3 k_B} \left( \frac{1}{2} m \overline{v^2} \right)$$

Suhu sebanding dengan energi kinetik molekul gas

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3}{2} k_B T$$

$$\overline{v^2} = 3 \overline{v_x^2}$$



$$\frac{1}{2} m \overline{v_x^2} = \frac{1}{2} k_B T$$

Besar energi kinetik translasi total dari N molekul



$$K_{\text{tot trans}} = N \left( \frac{1}{2} m \overline{v^2} \right) = \frac{3}{2} N k_B T = \frac{3}{2} n R T$$

Kecepatan rms (root mean square) dari molekul gas



$$v_{\text{rms}} = \sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3 k_B T}{m}} = \sqrt{\frac{3 R T}{M}}$$





## Kecepatan rms dari berbagai gas

**Table 21.1**

Some rms Speeds		
Gas	Molar mass (g/mol)	$v_{\text{rms}}$ at 20°C(m/s)
H <sub>2</sub>	2.02	1 902
He	4.00	1 352
H <sub>2</sub> O	18.0	637
Ne	20.2	602
N <sub>2</sub> or CO	28.0	511
NO	30.0	494
O <sub>2</sub>	32.0	478
CO <sub>2</sub>	44.0	408
SO <sub>2</sub>	64.1	338





**Quick Quiz 21.1** Two containers hold an ideal gas at the same temperature and pressure. Both containers hold the same type of gas but container B has twice the volume of container A. The average translational kinetic energy per molecule in container B is (a) twice that for container A (b) the same as that for container A (c) half that for container A (d) impossible to determine.

**Quick Quiz 21.2** Consider again the situation in Quick Quiz 21.1. The internal energy of the gas in container B is (a) twice that for container A (b) the same as that for container A (c) half that for container A (d) impossible to determine.

**Quick Quiz 21.3** Consider again the situation in Quick Quiz 21.1. The rms speed of the gas molecules in container B is (a) twice that for container A (b) the same as that for container A (c) half that for container A (d) impossible to determine.



**Example 21.1 A Tank of Helium**

A tank used for filling helium balloons has a volume of  $0.300 \text{ m}^3$  and contains  $2.00 \text{ mol}$  of helium gas at  $20.0^\circ\text{C}$ . Assume that the helium behaves like an ideal gas.

**(A)** What is the total translational kinetic energy of the gas molecules?

**Solution** Using Equation 21.6 with  $n = 2.00 \text{ mol}$  and  $T = 293 \text{ K}$ , we find that

$$\begin{aligned} K_{\text{tot trans}} &= \frac{3}{2}nRT = \frac{3}{2}(2.00 \text{ mol})(8.31 \text{ J/mol}\cdot\text{K})(293 \text{ K}) \\ &= 7.30 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

**(B)** What is the average kinetic energy per molecule?

**Solution** Using Equation 21.4, we find that the average kinetic energy per molecule is

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}m\overline{v^2} &= \frac{3}{2}k_{\text{B}}T = \frac{3}{2}(1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K})(293 \text{ K}) \\ &= 6.07 \times 10^{-21} \text{ J} \end{aligned}$$

**What If?** What if the temperature is raised from  $20.0^\circ\text{C}$  to  $40.0^\circ\text{C}$ ? Because  $40.0$  is twice as large as  $20.0$ , is the total translational energy of the molecules of the gas twice as large at the higher temperature?

**Answer** The expression for the total translational energy depends on the temperature, and the value for the temperature must be expressed in kelvins, not in degrees Celsius. Thus, the ratio of  $40.0$  to  $20.0$  is *not* the appropriate ratio. Converting the Celsius temperatures to kelvins,  $20.0^\circ\text{C}$  is  $293 \text{ K}$  and  $40.0^\circ\text{C}$  is  $313 \text{ K}$ . Thus, the total translational energy increases by a factor of  $313 \text{ K}/293 \text{ K} = 1.07$ .





### Kerjakan secara mandiri

1. In a 30.0-s interval, 500 hailstones strike a glass window of area  $0.600 \text{ m}^2$  at an angle of  $45.0^\circ$  to the window surface. Each hailstone has a mass of 5.00 g and moves with a speed of 8.00 m/s. Assuming the collisions are elastic, find the average force and pressure on the window.
2. In a period of 1.00 s,  $5.00 \times 10^{23}$  nitrogen molecules strike a wall with an area of  $8.00 \text{ cm}^2$ . If the molecules move with a speed of 300 m/s and strike the wall head-on in elastic collisions, what is the pressure exerted on the wall? (The mass of one  $\text{N}_2$  molecule is  $4.68 \times 10^{-26} \text{ kg}$ .)
3. A sealed cubical container 20.0 cm on a side contains three times Avogadro's number of molecules at a temperature of  $20.0^\circ\text{C}$ . Find the force exerted by the gas on one of the walls of the container.







Pengantar

Materi

Contoh Soal

Ringkasan

Latihan

Asesmen

1995A

**Sekian dan Terimakasih**

MATERI

