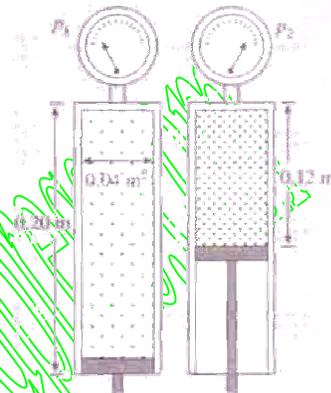


BAB TEORI KINETIK GAS

Contoh 13.1

Sebuah tabung silinder dengan tinggi 0,20 m dan luas penampang 0,04 m² memiliki pengisap yang bebas bergerak seperti pada gambar. Udara yang bertekanan 1,01 x 10⁵ N/m² diisikan ke dalam tabung. Jika pengisap ditekan sehingga tinggi silinder berisi gas menjadi 0,12 m, berapa besar tekanan p_2 ? Anggap bahwa temperatur gas konstan.



Penyelesaian :

Sesuai dengan Persamaan (13.1) dapat ditulis

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad \text{atau} \quad p_2 = \frac{p_1 V_1}{V_2}$$

$$p_2 = \frac{(1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2)(0,020 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}^2)}{0,12 \text{ m} \times 0,04 \text{ m}^2}$$

$$= 1,7 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Contoh 13.2

Sebuah silinder mengandung 20 liter gas pada tekanan 25 x 10⁵ Pa. Keran yang ada pada silinder dibuka sampai tekanan turun menjadi 20 x 10⁵ Pa dan kemudian ditutup. Anggap bahwa suhu dijaga tetap. Berapa volume gas yang dibebaskan pada atmosfer bertekanan 1 x 10⁵ Pa?

Penyelesaian:

Keadaan awal : $V_1 = 20 \text{ L} = 20 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, $p_1 = 25 \times 10^5 \text{ Pa}$

Keadaan akhir : $V_2 = ?$, $p_2 = 20 \times 10^5 \text{ Pa}$

Gunakan rumus $p_1 V_1 = p_2 V_2$ atau $V_2 = \frac{p_1}{p_2} V_1$ sehingga,

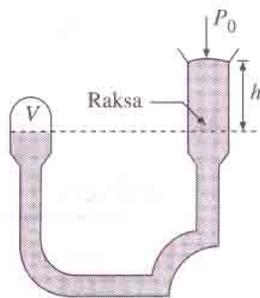
$$V_2 = \frac{25 \times 10^5}{20 \times 10^5} \times 20 \text{ L} = 25 \text{ L pada tekanan } p_2 = 20 \times 10^5 \text{ Pa}$$

Gas yang keluar dari silinder adalah 25 L – 20 L = 5 L pada tekanan P_2 . Karena tekanan udara luar 1 x 10⁵ Pa, maka ΔV yang 5 L tersebut, di udara luar menjadi sebagai berikut:

$$p_2 (\Delta V) = p_3 (V_3) \quad \longrightarrow \quad 20 \times 10^5 (5) = 1 \times 10^5 (V_3)$$

$$V_3 = 100 \text{ L}$$

Dengan demikian volume gas yang dibebaskan 100 L.

Contoh 13.3

Seorang siswa ingin menerapkan hukum Boyle untuk menentukan tekanan udara luar dengan menggunakan peralatan seperti pada gambar. Ia mendapatkan bahwa ketika $h = 150$ mm, $V = 18$ cm³ dan ketika $h = 100$ mm, $V = 16$ cm³. Berapa mmHg tekanan udara luar di tempat siswa itu melakukan percobaan?

Penyelesaian:

Sesuai dengan sifat bejana berhubungan, tekanan gas dalam V adalah:

- Keadaan 1 : $p_1 = (p_0 + h_1)$ mmHg
 $= (p_0 + 50)$ mmHg
- Keadaan 2 : $p_1 = (p_0 + h_2)$ mmHg
 $= (p_0 + 150)$ mmHg

Menurut Hukum Boyle : $p_1 V_1 = p_2 V_2$ atau

$$p_2 = \frac{V_1}{V_2} p_1 = \frac{18}{16} p_1$$

Substitusikan persamaan diatas ke persamaan kedua, sehingga

$$\frac{18}{16} p_1 = p_0 + 150 \longrightarrow p_1 = \frac{16}{18} (p_0 + 150)$$

Maka diperoleh:

$$\frac{16}{18} (p_0 + 150) = (p_0 + 150) \longrightarrow 16p_0 + 16(150) = 18p_0 + 18(150)$$

$$2p_0 = 16(150) - 18(150) \longrightarrow p_0 = 750 \text{ mmHg}$$

Tekanan udara luar adalah 750 mmHg atau 75 cmHg.

Contoh 13.4

Sebuah tangki bervolume 500 liter berisi gas oksigen pada suhu 20°C dan tekanan 5 atm. Tentukan massa oksigen dalam tangki jika diketahui untuk ksigen $M_r = 32$ kg/kmol.

Penyelesaian:

Dengan menggunakan satuan SI, data yang diperoleh dari soal adalah : $V = 500$ L = 500×10^{-3} m³, $p = 5 \times 1,01 \times 10^5$ Pa, $T = 20 + 273 = 293$ k: dan $M_r = 32$ kg/kmol.

$$pV = \frac{m}{M_r} R T \text{ atau } m = \frac{pV}{RT} M_r$$

$$m = \frac{5 \times 1,01 \times 10^5 \times 500 \times 10^{-3}}{8,31 \times 10^3 \times 293} \times 32 = 3,9 \text{ kg}$$

massa atom dalam tangki adalah 3,9 kg

Contoh 13.5

Sebuah tabung yang volumenya 1 liter mempunyai lubang yang memungkinkan udara keluar dari tabung. Mula-mula suhu udara dalam tabung 27°C . Tabung dipanaskan hingga suhunya 127°C . Perbandingan antara massa gas yang keluar dari tabung dan massa awalnya adalah.....

Penyelesaian:

Karena tabung bocor, maka tekanan tidak berubah (p konstan) meskipun dipanaskan. $T_1 = 27 + 273 = 300$ K dan $T_2 = 127 + 273 = 400$ K

$$pV = \frac{m}{M_r} RT \text{ atau } m = \frac{pVM_r}{R} \times \frac{1}{T}$$

Dalam hal ini $\frac{pVM_r}{R}$ adalah konstan sehingga $m \propto \frac{1}{T}$

Misalkan massa awal gas = m_1 dan massa akhir gas dalam tabung adalah m_2 , maka dapat ditulis :

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{T_1}{T_2} = \frac{300}{400} \text{ atau } m_2 = \frac{3}{4} m_1$$

Karena massa gas yang tersisa $m_2 = \frac{3}{4} m_1$, berarti telah keluar gas sebanyak

$\Delta m = \frac{1}{4} m_1$. Dengan demikian perbandingan antara massa gas yang keluar dan

massa awalnya adalah $\frac{\Delta m}{m_1} = \frac{1}{4}$

Contoh 13.6

Tekanan gas dalam suatu tabung tertutup menurun menjadi 64% dari semula. Berapa % penurunan kelajuan molekul gas?

Penyelesaian:

Hubungan tekanan p terhadap kelajuan v sesuai dengan persamaan:

$$p = \frac{1}{3} \frac{Nm_0 \overline{v^2}}{V}$$

Karena $\frac{1}{3} \frac{Nm_0}{V}$ adalah konstan, maka p sebanding dengan $\overline{v^2}$, sehingga :

$$\frac{\overline{v_2^2}}{\overline{v_1^2}} \frac{P_2}{P_1} = \frac{0,64 P_1}{P_1}$$

$$\frac{\overline{v_2^2}}{\overline{v_1^2}} = 0,64$$

$$\overline{v_2^2} = 0,64 \overline{v_1^2} \text{ atau } v_2 = 0,81 v_1 = 80\% v_1$$

Dengan demikian, kelajuan gas menurun 20%.

Contoh 13.7

Sebuah tangki dengan volume $0,3 \text{ m}^3$ mengandung 2 mol helium pada suhu 20°C . Dengan menganggap helium sebagai gas ideal, (a) tentukan energi kinetik gas. (b) Berapakah energi kinetik rata-rata setiap molekul gas?

Penyelesaian:

(a) Data yang diperoleh dari soal adalah $V = 0,3 \text{ m}^3$, $n = 2 \text{ mol}$, dan $T = 20 + 273 = 293 \text{ K}$. Maka:

$$p = \frac{2}{3} \frac{N \overline{EK}}{V} \text{ atau } N \overline{EK} = \frac{2}{3} pV = 2 n R T$$

$$N \overline{EK} = \frac{3}{2} (2)(8,31)(293) = 7304,5 \text{ J}$$

Energi kinetik total gas adalah 7304,5 joule.

(b) Jumlah molekul gas adalah $N = nN_A = 2 \times 6,022 \times 10^{23} = 12,044 \times 10^{23}$ butir
Energi kinetik rata-rata setiap molekul adalah:

$$\overline{EK} = \frac{N \overline{EK}}{N} = \frac{7304,5}{12,044 \times 10^{23}} = 6,06 \times 10^{-21} \text{ J}$$

Contoh 13.8

Sebuah silinder berisi gas ideal dengan suhu 27°C . Jika tetapan Boltzman $k = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ dan tetapan umum gas $R = 8,31 \text{ J/mol K}$, (a) tentukanlah energi kinetik translasi setiap molekul gas. (b) Berapa energi kinetik translasi total bila terdapat 1 mol gas dalam silinder? (c) Bila gas dalam tabung adalah oksigen dengan massa satu molekul $m_0 = 5,31 \times 10^{-26} \text{ kg}$, tentukanlah kecepatan efektif molekul (partikel) gas.

Penyelesaian:

(a) gunakan $T = 27 + 273 = 300 \text{ K}$, sehingga:

$$\overline{EK} = \frac{3}{2} k T = \frac{3}{2} \times 1,38 \times 10^{-23} \times 300 = 6,21 \times 10^{-21} \text{ J}$$

(b) Karena terdapat 1 mol gas, maka energi kinetik translasi total adalah:

$$EK_{total} = N \overline{EK} = n N_A \overline{EK}$$

$$EK_{total} = 1 \times 6,022 \times 10^{23} \times 6,21 \times 10^{-21} = 3739,67 \text{ J}$$

(c) Kecepatan efektif molekul gas adalah:

$$V_{rms} = \frac{\sqrt{3p}}{m_0} = \frac{\sqrt{3 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 300}}{5,31 \times 10^{-26}} = 483,63 \text{ m/s}$$

Contoh 13.9

Lima molekul gas dipilih secara acak dengan kecepatan masing-masing adalah 500 m/s, 600 m/s, 700 m/s, 800 m/s, dan 900 m/s. (a) Tentukan kecepatan efektif molekul gas. (b) Berapakah kecepatan rata-ratanya?

Penyelesaian:

(a) Kecepatan efektif molekul gas adalah:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{N_1 v_1^2 + N_2 v_2^2 + \dots + N_5 v_5^2}{N_1 + N_2 + \dots + N_5}}$$

$$V_{rms} = \frac{1(500)^2 + 1(600)^2 + 1(700)^2 + 1(800)^2 + 1(900)^2}{1 + 1 + 1 + 1 + 1}$$

$$= 7,14,14 \text{ M/S}$$

(b) Kecepatan molekul gas rata-rata adalah:

$$\bar{v} = \frac{N_1 v_1 + N_2 v_2 + \dots + N_5 v_5}{N_1 + N_2 + \dots + N_5}$$

$$\bar{v} = \frac{1(500) + 1(600) + 1(700) + 1(800) + 1(900)}{1 + 1 + 1 + 1 + 1} = 700 \text{ m/s}$$

Jadi kecepatan efektif (v_{rms}) gas tidak sama dengan kecepatan rata-rata (\bar{v}) gas tersebut.

Contoh 13.10

Setiap molekul dari suatu gas poliatomik pada suhu 1200 K memiliki derajat kebebasan masing-masing tiga untuk gerak translasi, tiga untuk gerak rotasi, dan empat untuk gerak vibrasi. Tentukanlah (a) energi mekanik rata-rata tiap molekul dan (b) energi dalam 5 mol gas ideal ini.

Penyelesaian:

Data yang diperoleh dari soal adalah suhu $T = 1200 \text{ K}$, jumlah mol $n = 5$ dan derajat kebebasan $f = 3 + 3 + 4 = 10$

(a) Energi kinetik rata-rata per molekul berdasarkan persamaan energi kinetik, adalah:

$$EK = f \left(\frac{1}{2} k T \right) = 10 \left(\frac{1}{2} \right) (1,38 \times 10^{-23})(1200)$$

$$= 8,3 \times 10^{-20} \text{ J}$$

(b) Energi dalam U sesuai dengan persamaan energi dalam, adalah:

$$U = N E_K = (n N_A) E_K = (5)(6,02 \times 10^{23})(8,3 \times 10^{-20}) \\ = 249\,830 \text{ J}$$

Contoh 13.11

Neon (Ne) adalah suatu gas monoatomik. Berapakah energi dalam 2 gram gas neon pada suhu 50°C jika massa molekul relatifnya $M_r = 10$ g/mol dan tetapan umum gas $R = 8,31$ J/mol K?

Penyelesaian:

Berdasarkan persamaan gas ideal, $Nk = nR$. Dengan demikian ditulis menjadi persamaan:

$$U = \frac{3}{2} N k T = \frac{3}{2} n R T = \frac{3}{2} \frac{m}{M_r} R T$$

$$U = \frac{3}{2} \times \frac{2}{10} \times 8,31 \times (50 + 273) = 805,24 \text{ J}$$

Energi dalam gas neon tersebut adalah 805,24 joule.