9 GAS

9.1. SIFAT-SIFAT GAS

Gas akan menyebar mengisi ruang dimana gas itu ditempatkan sehingga berbentuk seperti ruang tersebut. Setiap gas akan berdifusi diantara sesamanya dan akan bercampur dalam segala perbandingan, oleh karena itu campuran gas merupakan campuran yang homogen. Sifat lain dari gas adalah partikel-partikel gas tidak dapat dilihat.

9.2. TEKANAN GAS

Tekanan didefinisikan sebagai gaya persatuan luas (P = F/A)., Tekanan gas biasanya diukur secara tidak langsung dengan jalan membandingkannya dengan tekanan cairan.

Tekanan cairan hanya bergantung pada berat jenis dan tinggi cairan, yang didefinisikan sebagai berikut :

gaya yang bekerja pada zat cair :

$$W = m \cdot g$$
$$= v \cdot d \cdot g$$
$$= A \cdot h \cdot d \cdot g \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

A : luas penampang zat cair

h : tinggi zat cair

d : densitas cairan

g : gravitasi

sehingga tekanan gas :

$$P = \frac{F}{A} = \frac{W}{A}$$

$$= \frac{A \cdot h \cdot d \cdot g}{A}$$

$$\mathbf{P = h \cdot d \cdot g}$$

Pengukuran tekanan gas biasanya dilakukan dengan menggunakan barometer yang berisi air raksa. Satuan yang dipergunakan umumnya atmosfir (atm) mm Hg (mm air raksa) atau torr. Kesetaraan dari ketiga satuan tersebut adalah :

1 atm = 760 mm Hg

= 760 torr.

Contoh Soal 9.1.

Berapa tinggi kolom air yang dapat ditahan oleh udara yang mempunyai tekanan 1 atm?

Jawab :

Tekanan yang dihasilkan dengan menggunakan air raksa :

$P_{Hg} = h_{Hg} \cdot d_{Hg} \cdot g$

$= 76 \text{ cm} \cdot 13{,}6 \text{ g/cm}^3 \cdot g$

Tekanan yang dihasilkan dengan menggunakan air =

$Ph_2O = hH_2O \cdot dH_2O \cdot g$

$= h.H_2O \cdot 1{,}0 \text{ g/cm}^3 \cdot g$

jadi tinggi kolom air yang dapat ditahan oleh udara

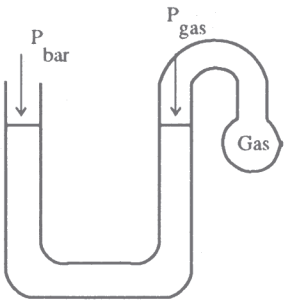
$$hH_2O = 76 \text{ cm} \times \frac{13.6 \text{ g/cm}^3}{1.0 \text{ g/cm}^3}$$

$= 1{,}03 \times 10^3 \text{ cm}$

$= 10.3 \text{ m}$

Gas juga dapat diukur dengan manometer. Alat ini berguna untuk mengukur tekanan gas yang rendah. Pengukuran gas ini menghasilkan berbagai keadaan pada manometer/barometer yang digambarkan sebagai berikut :

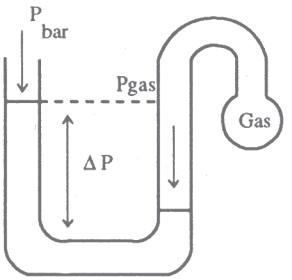
1.



$P_{gas} = P_{bar}$

Gambar 9.1

2.

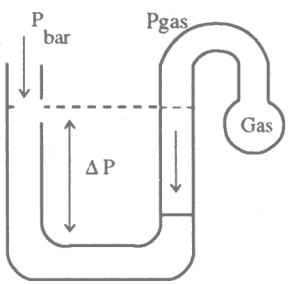


$P_{gas} = P_{bar} + \Delta P$

$\Delta P > 0$

Gambar 9.2

3.



$P_{gas} = P_{bar} + \Delta P$

$\Delta P < 0$

Contoh Soal 9.2.

Berapa tekanan gas (Pgas), jika ketika manometer dihubungkan dengan gas, keadaan manometer sama dengan gambar 9.3.

Pbar = 735,7 mmHg. Perbedaan tinggi air raksa pada kedua kaki (ΔP) = 18,2 mm

Jawab :

Pgas = Pbar + ΔP

= 735,7 mmHg + 18,2 mmHg

= 753,9 mmHg.

9.3. BEBERAPA HUKUM YANG BERLAKU PADA GAS :

9.31. Hukum Boyle

Boyle menyatakan bahwa volume gas dalam suatu ruangan tertutup akan berbanding terbalik dengan tekanannya bila suhu gas tetap.

$$P1 \cdot V1 = P2 \cdot V2$$

P1 = tekanan mula-mula

P2 = tekanan akhir

V1 = volume gas awal

V2 = volume gas akhir

Contoh Soal 9.3.

Volume suatu tabung ditentukan dengan jalan berikut :

Tabung itu pertama-tama dihampakan, kemudian dihubungkan dengan tabung gas yang bervolume 30,0 ℓ. Setelah dihubungkan tekanan gas dalam tabung turun menjadi 1,15 atm, sedangkan tekanan mula-mula 21,5 atm. Berapa volume dari tabung yang diukur tersebut?

Jawab :

P1 = tekanan mula-mula = 21,5 atm

P2 = tekanan setelah dihubungkan = 1,15 atm

V1 = volume tabung gas = 30,0 ℓ

V2 = volume tabung setelah dihubungkan

$$V2 = V1 \times \frac{P1}{P2}$$

$$= 30.0\ \ell \times \frac{21{,}50\ \text{atm}}{1.15\ \text{atm}}$$

$$= 560.8\ \ell$$

Jadi volume tabung yang akan diukur = 560.8 ℓ - 30.0 ℓ

= 530.8 ℓ

9.3.2. Hukum Charles

Charles menyatakan bahwa volume dari gas dalam ruang tertutup pada tekanan tetap adalah sebanding dengan suhunya yang dinyatakan dengan derajat Kelvin.

$$\frac{V1}{T1} = \frac{V2}{T2}$$

Contoh Soal 9.4.

Suatu contoh gas bervolume 75,0 cm^3 pada 10.0°C dipanaskan sampai 100.O°C, tekanan diusahakan konstan pada 1 atm

Berapa volume gas pada saat itu ?

Jawab :

V1 = 75.0 cm^3

T1 = 273 °K + 10 °K = 283 °K

T2 = 273°K + 100 °K = 373 °K

$$V2 = V1 \times \frac{T2}{T1}$$

$$= 75.0\ cm^3 \times \frac{373\ ^0K}{283\ ^0K}$$

= 98,9 cm3

9.3.3. Hukum Avogadro

Avogadro menyatakan bahwa :

1. Volume yang sama dari berbagai gas pada suhu dan tekanan yang sama akan mengandung jumlah molekul yang sama.
2. Jumlah molekul yang sama dari berbagai gas pada suhu dan tekanan yang sama akan mempunyai volume yang sama.

Contoh Soal 9.5.

1 liter O_2 dalam keadaan normal beratnya 1,429 gram. Berapa volume 1 mol gas dalam keadaan normal ?

Jawab :

$$1\ \ell\ O_2 = \frac{1.429}{32}\ \text{mol}$$

$$\text{Jadi 1 mol } O_2 = \frac{32}{1.429} \times 1\ \ell$$

= 22,4 ℓ

9.4. PERSAMAAN GAS IDEAL

Persamaan ini merupakan penggabungan dari ketiga hukum gas yang telah dibicarakan di atas

$$P.V = n \,.\, R \,.\, T$$

dimana R adalah tetapan gas

Nilai R ini dapat ditentukan dengan jalan sebagai berikut : pada kondisi STP diketahui :

V = 22,4 L

T = 273,15 °K

P = 1 atm

n = 1 mol

maka

$$R = \frac{PV}{n.T}$$

$$= \frac{1 \text{ atm} \times 22{,}44 \text{ } \ell}{1 \text{ mol} \times 273.15 \text{ °K}}$$

$$= 0{,}08206 \frac{\ell \text{ atm}}{\text{mol °K}}$$

Satuan R biasanya digunakan sebagai patokan satuan variabel-variabel lain. Jadi bila R dinyatakan dalam ℓ atm/mol °K, maka satuan tekanan harus atm, volume = L, jumlah mol gas = mol, dan suhu = °K.

Contoh soal 9.6.

Berapa volume dari 3.509 gas Cl_2 pada 45°C dan 745 mmHg?

Jawab :

$$P = 745 \text{ mm Hg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} = \frac{745}{760} \text{ atm} = 0{,}980 \text{ atm}$$

$$n = 3.50 \text{ g } Cl_2 \times \frac{1 \text{ mol } Cl_2}{70{,}99 \text{ } Cl_2} = \frac{3.50}{70.9} \text{ mol } Cl_2 = 0.0494 \text{ mol } Cl_2$$

$$R = 0.80206 \frac{\text{L atm}}{\text{mol °K}}$$

$T = (45 + 273)\ ^{o}K = 318\ ^{o}K$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$$

$$= \frac{0.0494 \text{ mol} \times 0.08206 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 318 \text{ K}}{0.980 \text{ atm}}$$

$= 1.32$ L

9.5. PENENTUAN BOBOT MOLEKUL

Bobot molekul gas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan gas ideal

Diketahui bahwa : $n = \frac{m}{BM}$

n = mol gas

m = massa molekul gas

BM = bobot molekul gas

maka :

$PV = n \cdot R \cdot T$

$$P.V. = \frac{m \cdot R \cdot T}{BM}$$

Contoh Soal 9.6.

Berapa BM suatu gas bila 1.81 gr gas tersebut pada suhu 25°C dan tekanan 737 mm Hg mempunyai volume 1.52 L.

Jawab :

$$P = 737 \text{ mm Hg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mm Hg}} = 0.970 \text{ atm}$$

$V = 1.52$ L

$m = 1.81$ g

$R = 0.08206$ L atm $mol^{-1}K^{-1}$

$T = (25 + 273)^{o}K = 298\ ^{o}K$

$$BM = \frac{m \cdot R \cdot T}{P.V.}$$

$$= \frac{1.81 \text{ g} \times 0.08206 \cancel{\text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1}} \times 298 \cancel{^\circ\text{K}}}{0.970 \cancel{\text{ atm}} \times 1.52 \cancel{\text{ L}}}$$

$$= 30.0 \text{ g/mol}$$

9.6. BERAT JENIS GAS :

Berat jenis dinyatakan dalam m/v, sehingga persamaan gas idel dapat disusun sebagai berikut :

$$\frac{m}{V} = \frac{(BM) \cdot P}{R.T.}$$

Contoh Soal 9.7 :

Berapa berat jenis O_2 pada kondisi STP ?

$$\frac{m}{V} = \frac{(BM) \cdot P}{R.T}$$

$$= \frac{32.0 \text{ g mol}^{-1} \times 1 \text{ atm}}{0.08206 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 273 \text{ }^\circ\text{K}}$$

$$= 1{,}43 \text{ g/L}$$

9.7. GAS dalam REAKSI KIMIA

Persamaan gas ideal dapat pula digunakan untuk memecah persoalan reaksi kimia yang melibatkan gas

Contoh Soal 9.8.

Berapa L gas O_2 yang terbentuk pada 735 mm Hg dan 26°C bia 7.81 gr $KClO_3$ dipanaskan ?

Jawab :

reaksi : $2\ KClO_{3\ (p)} \text{------>} 2KCl_{(p)} + 3\ O_{2(g)}$

$$\text{Jumlah mol gas } O_2 : 7.81 \text{ g } KClO_3 \times \frac{1 \text{ mol } KClO_3}{123 \text{ g } KCLO_3} \times \frac{3 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } KClO_3}$$

$$= 9.0952 \text{ mol } O_2$$

$$P = 735 \text{ mm Hg} \times \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0.967 \text{ atm.}$$

$n = 0.0952$ mol

$R = 0{,}08206$ L atm $mol^{-1}K^{-1}$

$T = (26 + 273)^oK = 299^oK$

$$V = \frac{n \cdot R \cdot T}{P}$$

$$= \frac{0.0952 \text{ mol} \times 0.08206 \text{ } \ell \text{ atm mol}^{-1}K^{-1} \times 299^oK}{0.967 \text{ atm}}$$

$= 2.42 \text{ } \ell$

Contoh soal 9.9

60 gram gas etana (C_2H_6) dibakar dengan gas oksigen (O_2) pada suhu 120°C dan tekanan 1.5 atm. Hitunglah volume 0_2 yang diperlukan serta volume CO_2 yang terbentuk!

Jawab :

reaksi : $2C_2H_{6(g)} + 7\ O_{2(g)} \text{ ------> } 4CO_{2(g)} + 6\ H_2O_{(\ell)}$

$$\text{Jumlah mol } O_2 = 60\text{g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30 \text{ g } C_2H_6} \times \frac{7 \text{ mol } O_2}{2 \text{ mol } C_2H_6}$$

$= 7.0$ mol O_2

$$\text{volume O2} = \frac{7 \text{ mol} \times 0.08206 \text{ } \ell \text{ atm mol}^{-1}K^{-1} \times 393^oK}{1.5 \text{ atm}}$$

$= 150.3$ l

$$\text{Jumlah mol } CO_2 = 60\text{g } C_2H_6 \times \frac{1 \text{ mol } C_2H_6}{30\text{g } C_2H_6} \times \frac{4 \text{ mol } CO_2}{2 \text{ mol } C_2H_6}$$

$= 4.0$ mol CO_2

$$\text{volume } CO_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{4 \text{ . mol} \times 0.08206 \text{ } \ell \text{ atm mol}^{-1}K^{-1} \times 393^oK}{1{,}5 \text{ atm}}$$

$= 85.9 \text{ } \ell$

9.8 CAMPURAN GAS

Persamaan gas ideal dapat pula digunakan untuk menghitung campuran gas. Nilai n pada persamaan gas ideal haruslah merupakan jumlah mol dari gas-gas yang terdapat dalam campuran.

Contoh Soal 9.10.

Berapa tekanan yang ditimbulkan oleh campuran antara 1 g gas H_2 dan 5.0 g gas He, bila campuran tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang bervolume 5.0 l pada 20.0°C?

Jawab :

$$n \text{ total} = \left(1.0 \text{ g } H_2 \times \frac{1 \text{ mol } H_2}{2 \text{ g } H_2}\right) + \left(5.0 \text{ g He} \times \frac{1 \text{ mol He}}{4 \text{ g He}}\right)$$

$$= 0.5 \text{ mol } H_2 + 1.25 \text{ mol He}$$

$$= 1.75 \text{ mol gas.}$$

$$p = \frac{n.\ total\ .\ R.\ T}{V}$$

$$P = \frac{1{,}75 \text{ mol} \times 0.08206 \text{ L atm mol}^{-1}\text{K}^{-1} \times 293 \text{ K}}{5.0 \text{ L}}$$

$$P = 8.4 \text{ atm}$$

Selain itu John Dalton mengemukakan bahwa tekanan partial dari gas-gas dalam campuran adalah sama dengan tekanan total dari campuran gas tersebut.

Misalkan campuran gas terdiri dari gas A, B, C

$$P_{total} = P_A + P_B + P_C$$

$$= \frac{n_A\ RT}{V} + \frac{n_B.\ R.\ T}{V} + \frac{+ n_C \quad R.\ T}{V}$$

$$= \frac{R.\ T}{V}\ (n_A + n_B + n_C)$$

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

Bentuk lain hukum Dalton yang dikenal dengan hukum Amagast, berguna dalam perhitungan campuran gas yang komposisinya dinyatakan dalam proses volume.

$$V_{total} = \frac{n_{total} \cdot RT}{P_{total}}$$

$$= \frac{n_A \cdot RT}{P_{total}} + \frac{n_B \cdot RT}{P_{total}} + \frac{n_C \cdot RT}{P_{total}}$$

$$= V_A + V_B + V_C$$

Suatu persamaan lain yang berguna dalam perhitungan campuran gas adalah perbandingan antara volume partial terhadap volume total atau tekanan partial terhadap tekanan total.

$$\frac{P_A}{P_{total}} = \frac{n_A \cdot \frac{RT}{V_{total}}}{\frac{n_{total} \cdot RT}{V_{total}}} = \frac{n_A}{n_{total}}$$

$$\frac{V_A}{V_{total}} = \frac{n_A \cdot \frac{RT}{P_{total}}}{\frac{n_{total} \cdot RT}{P_{total}}} = \frac{n_A}{n_{total}}$$

$$\frac{n_A}{n_{total}} = \frac{P_A}{P_{total}} = \frac{V_A}{V_{total}}$$

Contoh Soal 9.11.

Udara terdiri dari campuran gas nitrogen 78.08%, Oksiden 20.45%, Argon 0,93% dan CO_2 0.03%. Berapa tekanan partial dari gas-gas tersebut, bila tekanan udara 1 atm?

Jawab :

misal volume total = 100.0 L

$V_{N2} = 78.08\ \ell$ $V_{Ar} = 0.93\ \ell$

$V0_2 = 20.95\ \ell$ $VCO_2 = 0.03\ \ell$

$$PN_2 = \frac{VN_2}{V_{total}} \times P_{total} = \frac{78.08\ \ell}{100.0\ \ell} \times 1\ atm = 0.7808\ atm$$

$$PO_2 = \frac{VO_2}{V_{total}} \times P_{total} = \frac{20.95\ \ell}{100.0\ \ell} \times 1\ atm = 0.2095\ atm$$

$$P_{Ar} = \frac{V_{Ar}}{V_{total}} \times P_{total} = \frac{0.93\ \ell}{100.0\ \ell} \times 1\ atm = 0.0093\ atm$$

$$P_{CO2} = \frac{V_{CO2}}{V_{total}} \times P_{total} = \frac{0,03\ \ell}{100.0\ \ell} \times 1\ atm = 0.0003\ atm$$

9.9. LATIHAN SOAL

9.9.1. Essay

1. Tentukan volume 1.0 g gas-gas berikut (STP)
   a. hidrogen sulfida
   b. metana
   c. oksigen
   d. karbondiaksida
   e. etana
   f. nitrogen

2. Massa 1 ℓ gas B pada suhu 25°C dan tekanan 70 cm Hg 4.0 g. Berapa Mr gas B ?

3. Massa 5 liter gas A pada keadaan standar 28.125 g.
   Berapa Mr gas A

4. Di dalam suatu wadah terdapat gas Neon (Ne) yang massanya 2.55 g (STP). berapa massa gas itu bila diukur pada suhu 100°C dan tekanan 10.0 atm? (Ar (Ne) = 20).

5. Tentukan massa gas-gas berikut pada keadaan di mana 0,5 ℓ gas nitrogen dioksida massanya 0.46 g :
   a. 30.5 ℓ gas klor
   b. 6.25 ℓ gas hidrogen sulfida
   c. 4500 ml gas butana
   d. 0.02 ℓ gas hidrogen

6. Sebuah contoh gas O2 volumenya 144 ℓ pada 748 mm Hg.
   Berapa volume gas yang baru bila suhu dan jumlah gas tetap, tekanan
   (a) berkurang menjadi 615 mm Hg
   (b) naik menjadi 1.72 atm ?

7. Pada jumlah gas yang tetap, dijaga volumenya 148 cm^3, tekanan yang diberikan 825 mm Hg pada suhu 25°C. Pada suhu berapa tekanan gas menjadi tepat 1.00 atm?

8. Berapa volume dari 35.2 g N_2 pada suhu 35°C dan 741 mm Hg?

9. Sebuah contoh 0.341 g gas mempunyai volume 355 cm^3 pada 98.7°C dan 743 mm Hg. Berapa bobot molekul gas ini?

10. Berapa berat jenis (g/ℓ) CO_2, pada 30.3°C dan 744 mm Hg.

11. Campuran gas terdiri 50.0% O_2, 25.0% N_2 dan 25.0% Cl_2 berdasar berat pada keadaan STP. Hitunglah tekanan partial $Cl_{2(g)}$ dalam campuran.

12. 20 ℓ contoh gas H_2 diukur pada O°C dan 750 mm Hg, dicampurkan dengan 11.2 ℓ gas O_2 yang diukur pada 27°C dan 720 mm Hg.

    Campuran dipanaskan dan bereaksi membentuk air. Berapa mol air yang terbentuk ?

13. Campuran 10.0 ℓ gas metana dan butana dapat dibakar sempurna dengan 40.0 ℓ gas oksigen. Tentukan % volume masing-masing gas dalam campuran !

14. Pada reaksi pembentukan gas amoniak telah dihasilkan 4250.0 g amoniak. Tentukan volume gas N_2 dan H_2 yang telah bereaksi (pada STP) !

15. 12.25 g Kalium Klorat ($KClO_3$) dipanaskan hingga terbentuk Kalium Klorida (KCl) dan gas oksigen (O_2)

    Tentukan : a. berat KCl yang terbentuk

    b. volume gas O_2 yang terbentuk (80°C, 1,2 atm)!

9.9.2. Pilihan Ganda

1. Jika bilangan Avogadro dinyatakan sebagai L maka banyaknya molekul 28 g nitrogen dinyatakan dalam L adalah :
   a. L
   b. 2L
   c. $^1/_2$ L
   d. 3L
   e. $^3/_2$ L

2. Satu liter gas berikut, pada O°C, 1 atm yang mempunyai massa terbesar adalah :
   a. N_2
   b. O_2
   c. CH_4
   d. A dan B benar
   e. massa ketiga gas tersebut sama

3. Volume 140.0 g gas N_2 pada tekanan 3952 cm Hg dan suhu 10°C adalah :
   a. 3.23 ℓ
   b. 2.24 ℓ
   c. 2.53 ℓ
   d. 4.23 ℓ
   e. 3.33 ℓ

4. Jumlah molekul yang terkandung dalam 50.0 ℓ gas CO_2 pada suhu 30°C dan tekanan 1.2 atm :
   a. 1.45×10^{24} molekul
   b. 4.51×10^{25} molekul
   c. 1.45×10^{20} molekul
   d. 4.51×10^{24} molekul
   e. 4.51×10^{23} molekul

5. Tentukan massa (g) dari 4.4 liter gas hidrogen pada suhu 30°C dan tekanan 5 atm !
   a. 8.0 gram
   b. 8.71 gram
   c. 1.51 gram
   d. 1.78 gram
   e. 1,45 gram

6. Tekanan gas sebesar 1 torr, setara dengan :
   a. 1 atm
   b. 760 mm Hg
   c. 1 mm Hg
   d. 760 cm Hg
   e. 760 atm

7. 1 mol gas mengandung (setara dengan) :
   a. 22.4 L gas
   b. 6.02×10^{23} partikel gas
   c. 2.24 ℓ gas
   d. a dan b benar
   e. a, b, c benar

8. 1 L gas O_2 (STP) dipanaskan sampai suhu 100°C.
   Tekanan gas sekarang :
   a. 1 atm
   b. $^1/_2$ atm
   c. 1.37 atm
   d. 10 atm
   e. semua jawaban salah

9. Campuran suatu gas terdiri dari gas A dan B.
   Pernyataan dibawah ini yang benar adalah :
   a. $V_{total} = V_A + V_B$
   b. $V_{total} = V_A \cdot V_B$
   c. $n_{total} = n_A + n_B$
   d. $n_{total} = n_A \cdot n_B$
   e. a dan c benar

10. Tekanan gas dapat ditentukan dengan :
    a. barometer
    b. hidrometer
    c. kalorimeter
    d. manometer
    e. higrometer