

I.13.2. Persamaan Keadaan

$pV = nRT \rightarrow$ dimana n = banyaknya mol gas

$pV = mRT \rightarrow$ untuk satu satuan massa, maka persamaan keadaan adalah:

$$pv = RT \quad ; \quad v = \frac{V}{m}$$

Persamaan di atas digunakan sebagai benda kerja umumnya dianggap sebagai *gas ideal*.

- Gas ideal (gas sempurna) adalah gas dimana tenaga ideal molekulnya dapat diabaikan.

Dimana : p = tekanan absolut $\left\langle \frac{NW}{m^2} ; \frac{lb}{ft^2} ; \frac{kg_f}{m^2} \right\rangle$

V = volume gas (m^3 , ft^3)

v = spesifik volume gas $\left\langle \frac{m^3}{kg_m} ; \frac{ft^3}{lb_m} \right\rangle$

R = konstanta gas $\left\langle \frac{Joule}{kg_m - K} ; \frac{ft-lb}{lb_m - ^\circ R} \right\rangle$

T = Temperatur mutlak (K, $^\circ R$)

- Untuk tenaga ikat molekul-molekulnya tidak dapat diabaikan, persamaan $pv \neq RT$, dan dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\left(p + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = RT \quad \rightarrow \quad \text{Persamaan Keadaan Gas Van Der Waals.}$$

dimana : a dan b adalah konstanta yang berbeda untuk masing-masing gas.

$$a = \frac{Nm^4}{kg_m \cdot mole} \quad ; \quad b = \frac{m^3}{kg_m \cdot mole}$$

- Disamping persamaan persamaan gas V.D Waals, juga Beattie Bridgeman membuat persamaan gas sebagai berikut:

$$p = \frac{RT(1-\varepsilon)}{v^2}(v+B) - \frac{A}{V^2}$$

dimana: $A = A_0 \left(1 - \frac{a}{v}\right)$

$$B = B_0 \left(1 - \frac{b}{v}\right)$$

$$\varepsilon = \frac{c}{T^3 \cdot v}$$

A_0 , a , B_0 , b , dan c adalah konstanta-konstanta yang berubah untuk masing-masing gas.

I.13.3. Perubahan Keadaan Dalam Persamaan Differensial

- Pengaruh temperatur terhadap volume suatu zat pada tekanan konstan disebut koefisien pengembangan atau koefisien muai volum rata-rata (kemuaian volum) $\rightarrow \beta$.

$$\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$$

- Pengaruh (efek perubahan) tekanan terhadap volume sistem pada temperatur konstan disebut Kompresibilitas.

$$K = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$$

Diantara ketiga koordinat Termodinamika p, V, dan T hanya dua yang merupakan perubah bebas:

→ Persamaan gas ideal:

$$pv = RT$$

$$v = \frac{RT}{p}$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_p = \frac{R}{p}$$

$$\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_T = -\frac{RT}{p^2}$$

Jadi:

$$\beta = \frac{1}{V} \left\langle \frac{\partial v}{\partial T} \right\rangle_p = \frac{1}{v} \frac{R}{p} = \frac{1}{T} \quad ; \quad K = -\frac{1}{v} \left\langle \frac{\partial v}{\partial p} \right\rangle_T = -\frac{1}{v} \left\langle -\frac{RT}{p^2} \right\rangle = \frac{1}{p}$$

Hubungan setiap koordinat dalam dua koordinat lainnya:

1. $V = f(p, T)$

$$dV = \left\langle \frac{\partial V}{\partial T} \right\rangle_p dT + \left\langle \frac{\partial V}{\partial p} \right\rangle_T dp$$

2. $p = f(V, T)$

$$dp = \left\langle \frac{\partial p}{\partial v} \right\rangle_T dV + \left\langle \frac{\partial p}{\partial T} \right\rangle_v dT$$

3. $T = f(p, V)$

$$dT = \left\langle \frac{\partial T}{\partial p} \right\rangle_v dp + \left\langle \frac{\partial T}{\partial v} \right\rangle_p dV$$

Hubungan antara ketiga koordinat p, V, T adalah sebagai berikut:

$$f(p, V, T) = 0$$

→ Dari ketiga koordinat hanya dua yang bebas:

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = 1$$

dimana $dT = 0 \rightarrow T = \text{konstan}$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V = 1 \quad \text{atau} \quad \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_V$$

$$\beta = \frac{1}{v} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \quad ; \quad K = -\frac{1}{v} \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_P$$

$$\implies \frac{\beta}{K} = \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V \quad *$$

$$p = f(V, T) \quad ; \quad dp = \left(\frac{\partial p}{\partial v}\right)_T dv + \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V dT$$

$$\text{atau,} \quad dp = \frac{\beta}{K} dT - \frac{1}{KV} dV$$

Bila $V = c, dV = 0$

$$dp = \frac{\beta}{K} dT \quad (\text{integrasi})$$

$$p_2 - p_1 = \frac{\beta}{K} (T_2 - T_1) \quad *$$

Contoh Soal:

Massa air raksa pada tekanan atm dan temperatur 0 °C diusahakan agar volume tetap. Jika temperatur dinaikkan hingga 10 °C, berapakah tekanan akhirnya?

Jawab:

Besar β dan K dari 0 – 10 °C (dapat dilihat pada tabel tetapan fisis)

$$\beta = 181 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$K = 3.82 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$$

Jadi:

$$p_2 - p_1 = \frac{\langle 181 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1} \rangle [(10 + 273) - 273]}{3.82 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}} = 473 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$p_2 = (473 \times 10^5) \text{ Pa} + (1 \times 10^5 \text{ Pa})$$

$$p_2 = 474 \times 10^5 \text{ Pa}$$