KULIAH - VII

TERMODINAMIKA TEKNIK I
TKM 203 (4 SKS)
SEMESTER III

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
TAHUN 2006

I.13.2. Persamaan Keadaan

pV = n RT $\rightarrow$ 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

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

$$\left\langle \frac{NW}{m^2} ; \frac{lb}{ft^2} ; \frac{kg_f}{m^2} \right\rangle \qquad \left\langle \frac{m^3}{kg_m} ; \frac{ft^3}{lb_m} \right\rangle$$

$$\left\langle \frac{Joule}{kg_m - K} ; \frac{ft - lb}{lb_m - {}^0 R} \right\rangle$$

R = konstanta gas

T = Temperatur mutlak (K , ^oR)

➢Untuk tenaga ikat molekul-molekulnya tidak dapat diabaikan, persamaan pv ≠ RT, dan dapat dituliskan sebagai berikut:

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

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

$$a=\frac{Nm^4}{kg_m.mole} \qquad b=\frac{m^3}{kg_m.mole}$$

➢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:

$$A=A_0\left(1-\frac{a}{v}\right) \qquad B=B_0\left(1-\frac{b}{v}\right) \qquad \varepsilon=\frac{c}{T^3.v}$$

A_0, a, B_0, b, dan c adalah konstanta-kontanta 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) → β.

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

•Pengaruh (efek perubahan) tekanan terhadap volume sistem pada temperatur konstan disebut Kompressibelitas.

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

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

$\rightarrow$ Persamaan gas ideal: pv = RT

$$v = \frac{RT}{p} \qquad \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P = \frac{R}{p}$$

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

Jadi:

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

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

$\rightarrow$ Dari ketiga koordinat hanya dua yang bebas:

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

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

dimana dT = 0 $\rightarrow$ T = konstan

atau

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

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

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

===> $p = f\,(V, T)$

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

$$dp = \frac{\beta}{K} dT - \frac{1}{KV} dV$$

atau,

Bila V = c, dV = 0

$$dp = \frac{\beta}{K} dT$$

(integrasi)

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