

d. Proses Adiabatik $\rightarrow dq = 0$

Adiabatik : tidak energi (dalam bentuk panas) yang masuk maupun keluar dari /ke sistem.

Persamaan 1* menjadi :

$$0 = \left\langle \frac{dU}{dT} \right\rangle_V dT|_{ad} + \left[p + \left\langle \frac{dU}{dV} \right\rangle_T \right] dV|_{ad}$$

$$C_V dT|_{ad} = - \left[p + \left\langle \frac{dU}{dV} \right\rangle_T \right] dV|_{ad} \quad \text{atau,} \quad C_V \left\langle \frac{dT}{dV} \right\rangle_{ad} = - \left[p + \left\langle \frac{dU}{dV} \right\rangle_T \right]$$

Contoh : Buktikan : $c_p - c_v = R$

$$\text{untuk gas ideal : } pv = RT \rightarrow \left(\frac{dV}{dT} \right)_P = \frac{R}{P}$$

energi dalam { $U = f(T)$ } $\rightarrow U = C_v \cdot T + \text{konstanta}$

$$\left(\frac{dU}{dV} \right)_T = 0, \quad \text{substitusi ke persamaan 2* ,}$$

maka $\quad \quad \quad \mathbf{c_p - c_v = R}$

2. T dan p sebagai variable bebas

$$U = f(T, p)$$

$$dU = \left(\frac{dU}{dT} \right)_P dT + \left(\frac{dU}{dp} \right)_T dp$$

>> Persamaan / Hukum Termodinamika I menjadi:

$$dq = \left(\frac{dU}{dT} \right)_P dT + \left(\frac{dU}{dp} \right)_T dp + pdV$$

$$v = f(p, T)$$

$$dV = \left(\frac{dV}{dp} \right)_T dp + \left(\frac{dV}{dT} \right)_P dT$$

$$dq = \left[\left(\frac{dU}{dT} \right)_P + p \left(\frac{dV}{dT} \right)_P \right] dT + \left[\left(\frac{dU}{dp} \right)_T + p \left(\frac{dV}{dp} \right)_T \right] dp$$

Dengan cara yang sama dapat dilakukan untuk proses-proses:

1. $T = C \quad \rightarrow$ isothermal $dT = 0$
2. $p = C \quad \rightarrow$ isobar $dP = 0$
3. $v = C \quad \rightarrow$ isovolum $dV = 0$
4. $Q = C \quad \rightarrow$ adiabatik $dq = 0$

II.3. Proses Adiabatik

Syarat : $dQ = 0$ (sistem diisolasi)

Hukum Termodinamika I : $dQ = dU + dW$

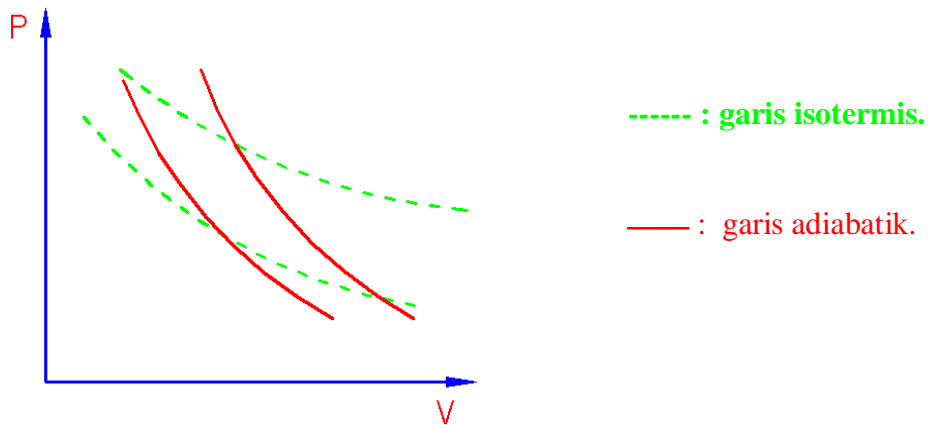
atau : $0 = dU + dW$

$dU = -dW$

$\rightarrow U_2 - U_1 = -W \quad \rightarrow W, U \uparrow$ (kompresi)

Atau, $U_1 - U_2 = W \quad \rightarrow W+, U \downarrow$ (ekspansi)

Hubungan variabel p, v dan T dapat dibuat untuk proses adiabatik, dan dapat digambarkan di dalam p-v diagram.



Gambar 2.1. Hubungan variabel p, v dan T dapat dibuat untuk proses adiabatik

Hukum Termodinamika I : $dQ = dU + dW$

Proses adiabatik : $dQ = 0$

$$\rightarrow 0 = dU + dW$$

di mana: $dU = mc_v dT$ dan $dW = pdv$

$$(du = c_v dT)$$

$$\rightarrow m c_v dT = - pdV$$

Persamaan gas ideal : $pV = mRT$

Integrasi diperoleh : $pdV + Vdp = mRdT$

$$-m c_v dT + Vdp = mRdT$$

$$V \frac{dp}{dT} = m(R + c_v)$$

$$= m \cdot c_p \quad \rightarrow \quad V dp = m c_p dT$$

dari persamaan : $m c_v dT = -pdV$

$$m c_p dT = V dp$$

$$\rightarrow \frac{c_p}{c_v} = - \frac{V dp}{p dV}$$

$$\frac{dp}{p} = - \left\langle \frac{c_p}{c_v} \right\rangle \frac{dV}{V} \quad \rightarrow \text{(diintegrasikan)}$$

diperoleh : $\ln p = - \frac{c_p}{c_v} \ln V + \text{konst.} \quad \rightarrow \text{dimana } \frac{c_p}{c_v} = \gamma$

$$\ln p + \ln V^\gamma = \text{konst.}$$

atau, $p v^\gamma = \text{konst.}$

dari, $m c_v dT + p dV = 0$

gas ideal : $pV = mRT \quad \rightarrow \quad p = \frac{mRT}{V}$

$$\rightarrow m c_v dT + \frac{mRT}{V} dV = 0$$

$$\frac{dT}{T} + \frac{R}{c_v} \frac{dV}{V} = 0 \quad \rightarrow \text{(diintegrasikan)}$$

$$\ln T + \ln V^{R/C_v} = \text{konstan}$$

dimana
$$\frac{R}{C_v} = \frac{C_p - C_v}{C_v} = \gamma - 1 \quad ; \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\rightarrow TV^{\gamma-1} = \text{konstan}$$

dengan cara yang sama :
$$T p^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{konstan}$$

II.3.1. Kerja pada Proses Adiabatik

Pada proses adiabatik maka besarnya kerja yang terjadi adalah :

$$dW = p dV \rightarrow W = \int_1^2 p dv$$

dimana,
$$p v^\gamma = \text{konst.} \rightarrow p = \frac{c}{v^\lambda}$$

$$> W = \int_1^2 \frac{c}{v^\gamma} dv = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{\gamma - 1}$$

II.4. Entalpi

Entalpi suatu sistem \rightarrow Jumlah energi dalam dengan hasil kali tekanan & volume sistem.

Dari Hukum Termodinamika I : $dQ = dU + dW = dU + pdV$

$$\rightarrow d(pV) = pdV + Vdp$$

$$pdV = d(pV) - Vdp$$

Hukum Termodinamika I menjadi:

$$dQ = dU + d(pV) - Vdp$$

$$dQ = d(U + pV) - Vdp$$

Entalpi adalah : $H = U + pV$; untuk satu satuan massa, $h = u + pv$.

Sehingga Hukum Termodinamika I :

$$dQ = dH - Vdp$$

$$dH = d(U + pV) = dU + dpV$$

Untuk gas ideal, dimana $dU = mc_v dT$

$$pV = mRT$$

maka, $dH = mc_v dT + d(mRT) = m(c_v + R) dT$

$$dH = mc_p dT, \text{ untuk satu satuan massa : } dh = c_p dT.$$

II.5. Proses Politropik

Proses sesungguhnya yang di jumpai di dalam praktek, misalnya mesin-mesin panas dan mekanis seperti kompresor adalah proses politropik. Bentuk dan sifat, proses politropik ditentukan oleh eksponen politropik ($n = 0 \div \sim$).

Proses Politropik mempunyai bentuk persamaan sebagai berikut :

$$P v^n = C \quad \text{dimana : } n = \text{bilangan konstan,}$$

atau eksponen politropik.

Bila, harga $n = 0$, berarti proses adalah tekanan konstan (isobar),

$n = \sim$ berarti proses adalah volume konstan (isovolum).

Proses politropik pada keadaan selama proses, awal dan akhir proses dinyatakan sebagai berikut :

$$p_1 v_1^n = p_2 v_2^n \quad \text{atau} \quad \frac{p_1}{p_2} = \left[\frac{v_2}{v_1} \right]^n$$

Bila *kerja* dinyatakan sebagai $dW = p dV$, terjadi antara keadaan awal (1) dan akhir (2), dengan mengintegrasikan persamaan di atas, maka :

$$W = \int_1^2 p dv \quad \Rightarrow \quad W = C \int_1^2 \frac{dv}{v^n}$$

Maka kerja untuk proses politropik adalah :

$$W = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{n - 1}$$

Kerja untuk gas ideal, adalah :

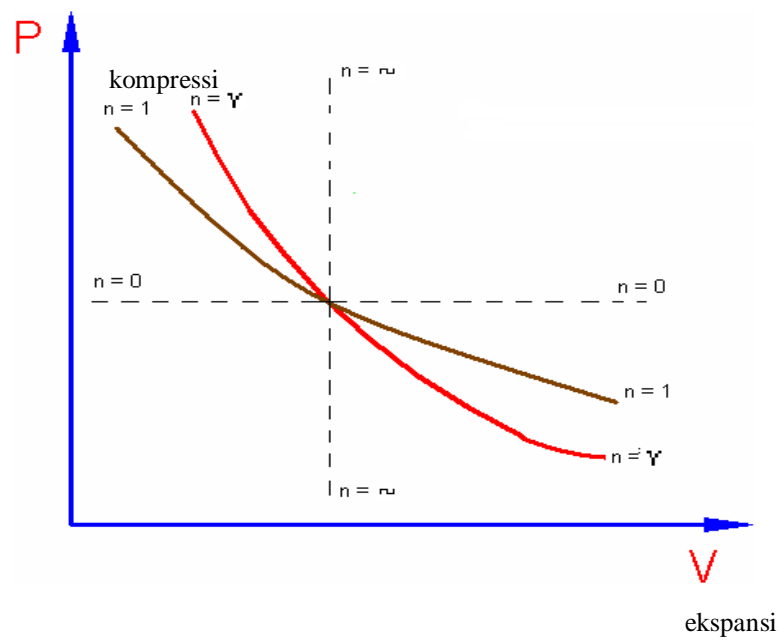
$$W = \frac{R (T_2 - T_1)}{(n - 1)}$$

Hubungan p, v, dan T pada proses politropik untuk gas ideal adalah :

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad ; \quad \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{n-1}$$

II.5.1. Proses Politropik Pada p-V Diagram

Proses Politropik Pada p-V Diagram dapat dilihat pada gambar doi bawah ini :



Gambar 2.2. Proses Politropik Pada p-V Diagram

Keterangan Gambar :

$n = 0 \rightarrow$ proses isobar, $p = C$

$n = \infty \rightarrow$ proses isovolum, $v = C \leftarrow c_n = c_v$

$n = 1 \rightarrow$ proses isothermal, $T = C \leftarrow c_n = \infty$

$n = \gamma \rightarrow$ proses adiabatik, $\leftarrow c_n = 0$