

Solusi Termodinamika Bab VIII

8.1 Arti Proses, proses kuasistatik, disipasi kalor dan sifat proses reversibel:

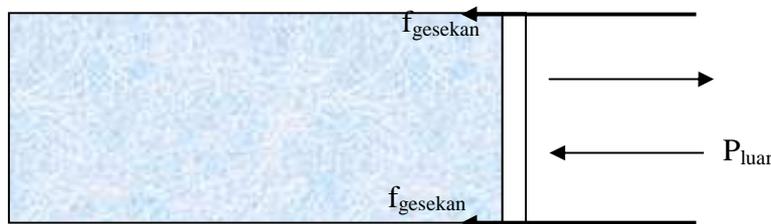
a. Arti Proses dan Proses Kuasistatik

- Proses: Perubahan koordinat dari suatu sistem
- Proses Kuasistatik: Perubahan koordinat suatu system yang terjadi secara perlahan-lahan, sehingga system setiap saat dalam keadaan setimbang dan memenuhi persamaan keadaan.

b. Disipasi Kalor: energi yang hilang dari suatu system masuk kedalam lingkungan karena adanya gesekan, viskositas, hambatan listrik, histerisis dalam zat magnetic, dan lain-lain.

c. Sifat Proses Reversibel: Proses kuasistatik dan tidak ada disipasi kalor.

8.2



Suatu gas didalam silinder tertutup oleh piston, massanya diabaikan. Pada kelima proses dibawah ini, apakah:

- (1) Rumus $dW = -PdV$ berlaku
- (2) Proses tersebut reversible atau non- reversible
- (3) Proses tersebut kuasistatik atau non- kuasistatik

a. $P_{luar} = 0$ dan $f_{gesekan} = 0$

- Rumus $dW = -PdV$ tidak berlaku, hanya dalam hal ini $dW = 0$, sebab tekanan yang dilawan $P_{luar} = 0$ dan $f_{gesekan} = 0$ dan prosesnya non- kuasistatik, karena berlangsung secara cepat.
- Misalkan proses ditinjau adiabatik dan silinder sistem terisolasi. Bila gas berekspansi maka volume bertambah sebesar ΔV .

$$\text{Hukum ke - I : } Q = (U_f - U_i) - W$$

$$0 = (U_f - U_i) - W_1 \Rightarrow W_1 = (U_f - U_i) = 0$$

dan suhu gas turun atau tetap; energi dalam:

$U = U(T)$ atau $U = U(V, T)$ atau $U = U(P, T)$ atau $U = U(P, V)$. Sekarang Volume gas dikembalikan pada volume semula, gas ditekan sehingga volume menyusut sebesar ΔV .

- Misalkan ditinjau non-adiabatik dan silinder sistem tak terisolasi. Gas berekspansi maka volume bertambah sebesar ΔV .

Hukum ke - I :

$$Q = (U_f - U_i) - W_1 \Rightarrow W_1 = 0$$

$$Q = (U_f - U_i)$$

Sekarang Volume gas ditekan, dikembalikan pada volume semula, maka:
 $W_2 \neq 0$

Hukum ke - I :

$$Q = (U_f - U_i) - W_2 \Rightarrow W_2 = 0$$

$$Q = (U_f - U_i)$$

maka prosesnya non reversible sebab system tidak kembali ke keadaan semula.

- b. $P_{\text{luar}} = 0$ dan $f_{\text{gesekan}} \neq 0$
- Rumus $dW = - PdV$ tetap berlaku, hanya dalam hal ini $dW = 0$, sebab $P_{\text{luar}} = 0$.
 - Karena $f_{\text{gesekan}} \neq 0$ prosesnya non-reversible
 - Gaya gesekan masih ada ($f_{\text{gesekan}} \neq 0$):
 Kemungkinan pertama: Gesekan kecil, prosesnya berlangsung cepat sehingga prosesnya non-kuasistatik.
 Kemungkinan kedua: Gesekan besar, prosesnya berlangsung lambat sehingga prosesnya kuasistatik.
- c. Sistem mendadak ditarik keluar (dalam hal ini P_{luar} dan f_{gesekan} masih ada).
- Prosesnya berlangsung cepat maka prosesnya non-kuasistatik dan rumus $dW = - PdV$ tidak dapat dipakai.
 - Gesekan masih ada, jadi prosesnya non-reversible
 - Prosesnya berlangsung cepat termasuk non-kuasistatik
- d. Gaya gesekan f (f_{gesekan}) diatur perlahan-lahan, dengan catatan P_{luar} masih ada, sehingga system mengembang perlahan-lahan:
- Prosesnya berlangsung perlahan-lahan, maka prosesnya kuasistatik. Rumus $dW = - PdV$ berlaku
 - Gaya gesekan masih ada maka prosesnya non-reversible
- e. Gaya gesekan f ($f_{\text{gesekan}} = 0$) dan P_{luar} diatur sedemikian sehingga mengembang perlahan-lahan
- Rumus $dW = - PdV$ tetap berlaku
 - Gas mengembang perlahan-lahan, maka prosesnya kuasistatik
 - $f_{\text{gesekan}} = 0$, maka prosesnya reversible. Sistem dapat dikembalikan ke keadaan semula.

Hukum ke - I :

$$Q = (U_f - U_i) - W_1 \Rightarrow \text{Ketika gas mengembang}$$

$$Q = (U_f - U_i) - W_2 \Rightarrow \text{Ketika gas ditekan sampai ke volume semula } |W_1| = |W_2|$$

maka prosesnya reversible.

8.3 Syarat eksperimental agar gas dapat berekspansi secara reversible tanpa mengalami perubahan suhu:

- Sistem tidak terisolasi, bahkan harus disentuh pada satu reservoir kalor.
- Gaya gesekan pada piston ketika gas berekspansi dibuat nol atau licin.
- Prosesnya terjadi secara perlahan-lahan

8.4 Keunggulan Siklus Carnot

- Siklus Carnot menjadi siklus dasar atau siklus ideal.
- Prosesnya paling mendekati proses reversibel.
- Efisiensinya tak bergantung bahan bakar, karena efisiensi (η) tidak mengandung γ , C_v , C_p .
- Memiliki efisiensi terbesar dibandingkan dengan siklus lain dengan reservoir kalor yang sama.
- Diperoleh hubungan: $\frac{T_2}{T_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$ dari efisiensi (η)

8.5 Hubungan antara Siklus Carnot, Hukum Kedua Termodinamika dan Suhu 0 K.

Efisiensi mesin Carnot: $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ (1)

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \text{ (2)}$$

Bila seluruh kalor yang masuk ke mesin $|Q_1| = |Q_m|$ berubah menjadi usaha $|W|$; maka $\eta = 1$

Menurut Hukum Ke-II, tidak mungkin membuat mesin yang mengambil kalor dari satu RK dan seluruh kalor itu berubah menjadi kerja.

Dilihat dari efisiensi, maka Hukum Ke-II menjadi:

“Tidak mungkin membuat mesin yang efisiensinya satu”

Dilihat dari efisiensi: $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$; maka bila $\eta = 1 \Rightarrow T_2 = 0$ dan dalam hal ini

melanggar Hukum ke-II, sebab itu suhu mutlak $T = 0$ K tidak mungkin tercapai.

8.6 Cara yang lebih baik untuk menaikkan efisiensi mesin Carnot:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \left(\frac{\partial \eta}{\partial T_2} \right)_{T_1} = -\frac{1}{T_1};$$

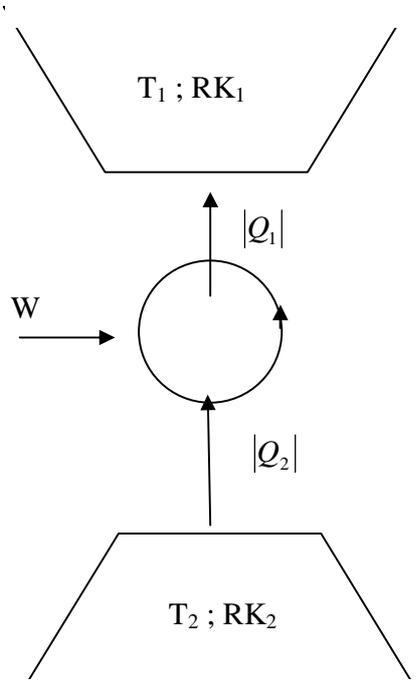
Syarat mutlak; $\left(\frac{\partial \eta}{\partial T_2} \right)_{T_1} = 0$; berarti $\Rightarrow T_1$ diperbesar

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \left(\frac{\partial \eta}{\partial T_2} \right)_{T_1} = -\frac{T_2}{T_1^2}; \text{ Syarat mutlak } \left(\frac{\partial \eta}{\partial T_2} \right)_{T_1} = 0$$

berarti $\Rightarrow T_1$ diperbesar dan T_2 tetap

8.7 Mesin Pendingin Carnot

a. Mesin Pendingin Carnot



$|Q_2|$ = Kalor yang diserap dari RK₂
masuk ke mesin pendingin

$|W|$ = Kerja yang dilakukan pada mesin
pendingin

$|Q_1|$ = Kalor yang keluar dari mesin
pendingin dan masuk ke RK₁

$$|Q_2| + |W| = |Q_1|$$

Definisi Daya Guna Mesin Carnot:

$$\omega = \frac{|Q_2|}{|W|} = \frac{|Q_2|}{|Q_1| - |Q_2|}$$

Pada Siklus Carnot berlaku $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$ atau $T_1 : T_2 = |Q_1| : |Q_2|$

$$(T_1 - T_2) : (|Q_1| - |Q_2|) = T_2 : |Q_2|$$

$$(|Q_1| - |Q_2|) = \frac{|Q_2|(T_1 - T_2)}{T_2}$$

Daya Guna:

$$\omega = \frac{|Q_2|}{\frac{|Q_2|(T_1 - T_2)}{T_2}}$$

b. Daya guna mesin Pendingin antara reservoir kalor (RK) bersuhu 0°C dan RK bersuhu 27°C:

$$\omega = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{273}{300 - 273} = \frac{273}{27} = 10\frac{1}{9}$$

c. Mesin itu dibuat mesin kalor dengan suhu-suhu RK yang sama:

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{273}{300} = 9\%$$