



Termodinamika

Energi dan Hukum I Termodinamika

Mukhammad Ramdhan Kirom

Prodi Teknik Fisika – Fakultas Teknik Elektro





hukum I Termodinamika

- Hukum gerak Newton merupakan dasar dari mekanika klasik, yang melahirkan konsep kerja, energi kinetik, dan energi potensial.

$W > 0$: kerja dilakukan **oleh** sistem

$W < 0$: kerja dilakukan **pada** sistem

Kerja merupakan perpindahan energi

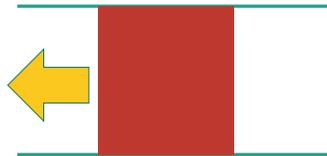
$$W = \int_{s_1}^{s_2} \vec{F} \cdot d\vec{s} = \Delta E$$



Kerja di konsep termodinamika

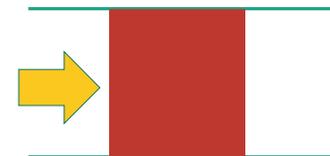
$$W = \int_{V_1}^{V_2} PdV$$

Kerja ekspansi



$$\Delta V > 0$$

Kerja kompresi



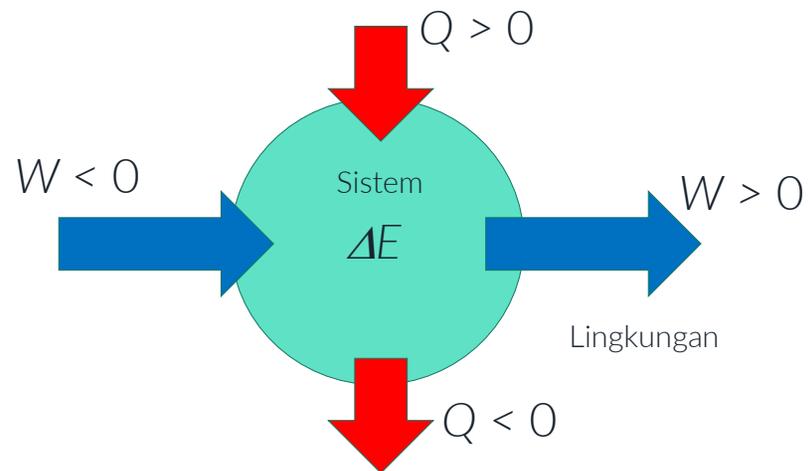
$$\Delta V < 0$$

Hukum Pertama Termodinamika :

Perubahan energi total $\Delta E = E_2 - E_1 = Q - W$

$Q > 0$: kalor **masuk** ke sistem

$Q < 0$: kalor keluar dari sistem




$$\Delta E = E_2 - E_1 = \Delta EK + \Delta EP + \Delta U$$

ΔEK : Energi kinetik

ΔEP : Energi potensial

ΔU : Energi dalam

Energi dalam :

Energi yang terjadi dalam sistem yang dicirikan oleh perubahan fase zat atau secara mikroskopik terjadi perubahan energi yang dimiliki atom atau molekul dalam sistem.

Energi dalam berkaitan dengan :

- Derajat pergerakan molekul
 - Ikatan antar molekul sejenis
 - Ikatan antar struktur atom majemuk (kimia)
 - Ikatan di dalam inti atom.
- 

Soal



Dalam suatu sistem silinder piston terdapat 2 kg gas dengan tekanan awal di dalam piston sebesar 3 bar, volume $0,2 \text{ m}^3$, dan memiliki energi dalam spesifik sebesar 3 kJ/kg. Kemudian sistem ini dipanaskan sehingga volumenya menjadi $0,4 \text{ m}^3$ dengan energi dalam spesifik 12,5 kJ/kg. Dalam sistem ini berlaku hubungan $pV = \text{konstan}$. Tentukan kerja yang terjadi selama proses dan kalor yang diperlukan !

Jawab

Kerja yang dihasilkan dapat dicari dari persamaan :

$$W_{1 \rightarrow 2} = \int_1^2 p A ds = \int_1^2 p dV$$

$$\int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{K}{V} dV = K \ln \frac{V_2}{V_1}$$

Dengan $K = \text{konstanta} = p_1 V_1 = p_2 V_2 = 3 \cdot 10^5 \cdot 0,2 = 6 \cdot 10^4$.
Diperoleh kerja sama dengan $6 \cdot 10^4 \cdot \ln(2) = 41,6 \text{ kJ}$

Dari soal diketahui tidak ada perubahan energi kinetik dan energi potensial sehingga berlaku :

$$\Delta U = Q - W$$

Kalor diperlukan sebesar :

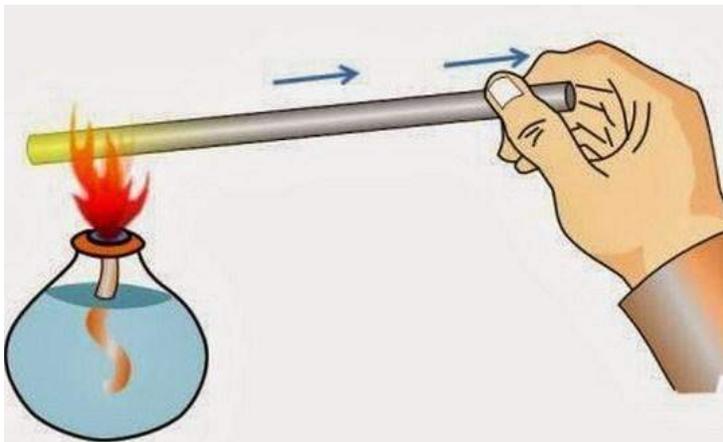
$$Q = W + m(u_2 - u_1) = 41,6 + 2 \cdot (12,5 - 3) = 60,6 \text{ kJ.}$$

Dengan m menyatakan massa dan u menyatakan energi dalam spesifik



Perpindahan kalor :

- Aliran kalor dari sistem ke lingkungan
- Aliran kalor dari lingkungan ke sistem
- Aliran kalor dalam sistem



<http://maslatip.com/wp-content/uploads/2014/10/contoh-konduksi.jpg>

Perpindahan kalor

Laju perpindahan kalor

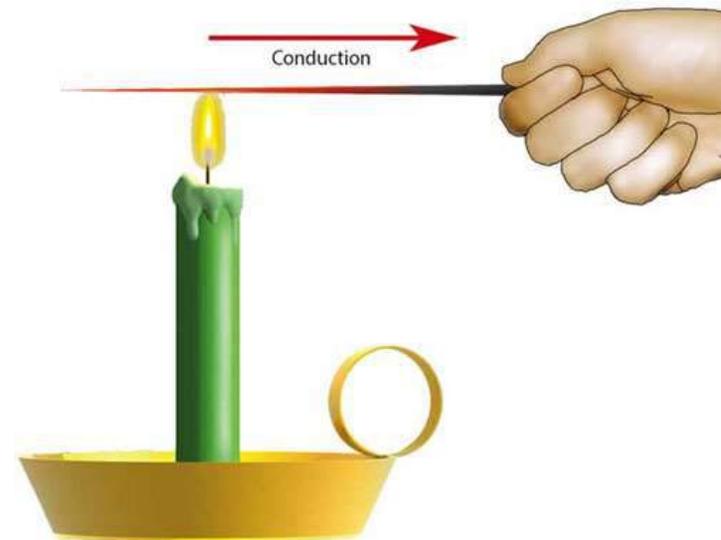
$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$$



Konduksi

Proses konduksi terjadi di mana kalor menjalar melalui medium dalam keadaan diam.

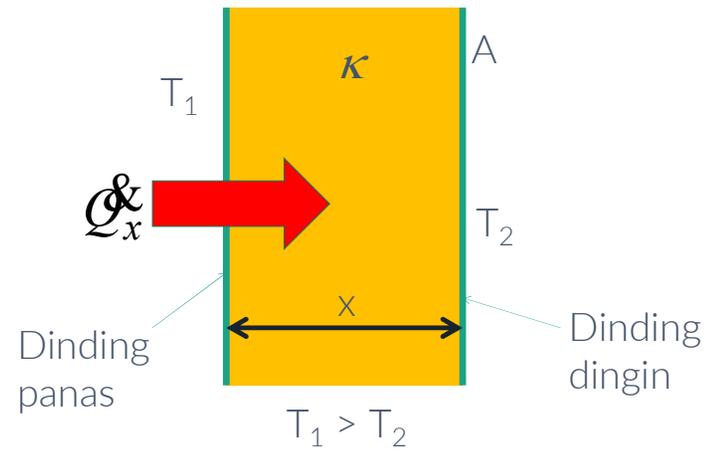
Umumnya medium tersebut berupa zat padat seperti logam, kayu, plastik, dan lain-lain.



<http://science4fun.info/wp-content/uploads/2014/12/conduction-heat-transfer.jpg>

Hukum Fourier untuk perpindahan kalor konduksi :

$$\dot{Q}_x = -\kappa A \frac{dT}{dx}$$

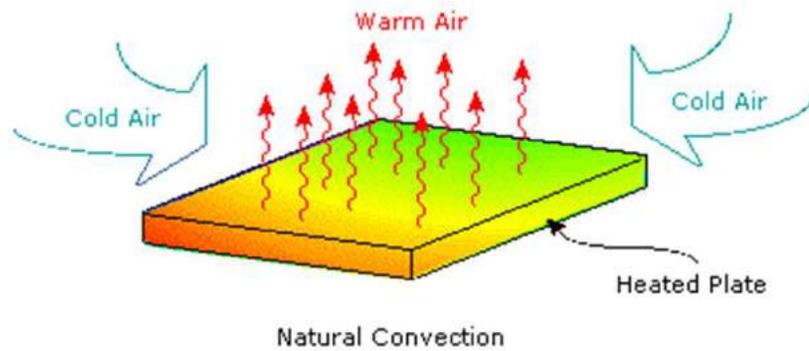




Perpindahan kalor

Perpindahan kalor :

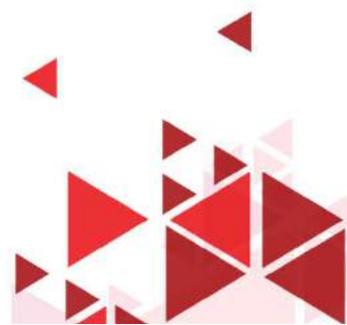
- Aliran kalor dari sistem ke lingkungan
- Aliran kalor dari lingkungan ke sistem
- Aliran kalor dalam sistem



<https://thattheoreticalphysicist.files.wordpress.com/2014/09/convection-hot-solid.gif>

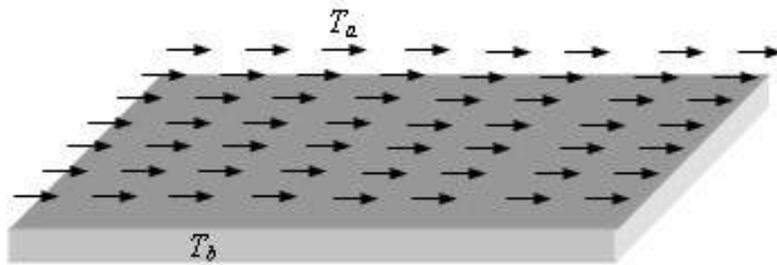
Laju perpindahan kalor

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$$



Hukum pendinginan Newton untuk laju perpindahan kalor akibat konveksi :

$$\dot{Q}_c = hA(T_b - T_f)$$



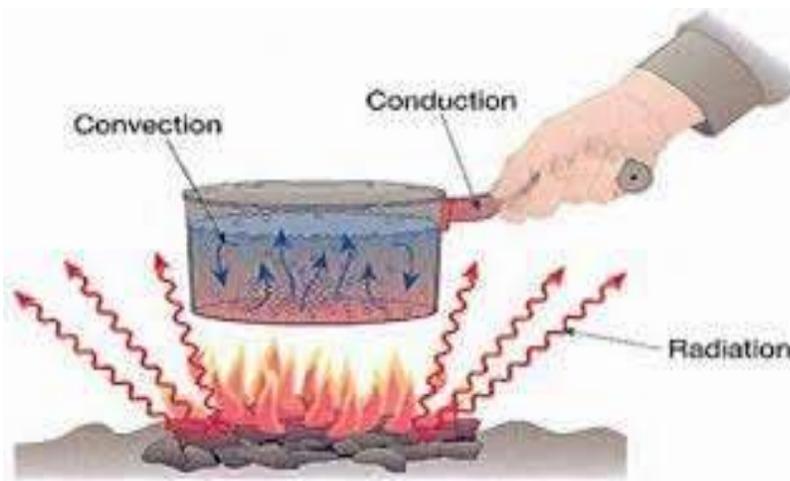
- h menyatakan konstanta konveksi bahan
- A luas penampang bahan
- T_b temperatur bahan
- T_a temperatur aliran



Perpindahan kalor

Perpindahan kalor :

- Aliran kalor dari sistem ke lingkungan
- Aliran kalor dari lingkungan ke sistem
- Aliran kalor dalam sistem



<http://www.assignmentpoint.com/wp-content/uploads/2016/06/Heat-Transfer.jpg>

Laju perpindahan kalor

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$$





Radiasi

Proses radiasi terjadi di mana kalor mengalir dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tidak membutuhkan medium

Hukum Stefan - Boltzmann

$$\dot{Q}_e = \varepsilon \sigma A T_b^4$$

ε : koefisien emisivitas

σ : konstanta Stefan-Boltzmann

A : luas penampang benda

T : temperatur permukaan benda



Siklus Termodinamika

Kesetimbangan sistem yang mengalami siklus termodinamika :

$$\Delta E_{\text{siklus}} = Q_{\text{siklus}} - W_{\text{siklus}}$$

Dalam siklus tidak terdapat energi netto bergantung pada keadaan awal dan akhir di mana keadaan awa dan akhir sama, sehingga

$$\Delta E_{1-1} = 0$$

maka berlaku :

$$Q_{\text{siklus}} = W_{\text{siklus}}$$

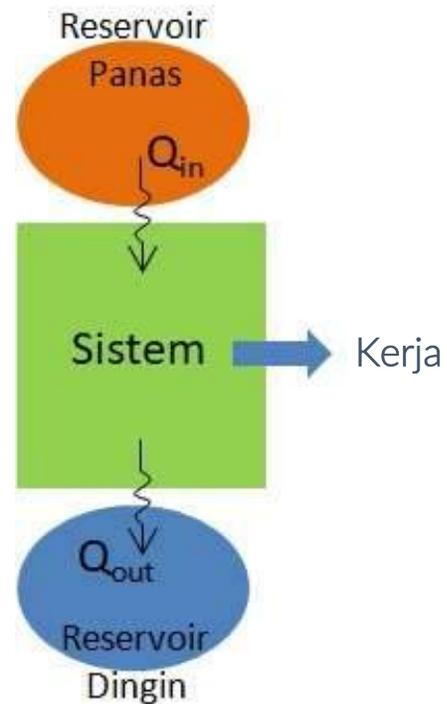
atau :

$$W_{\text{siklus}} = Q_{\text{in}} - Q_{\text{out}}$$


Pompa Daya

Sebuah sistem tertutup menerima kalor dari reservoir panas dan membuang kalor ke reservoir dingin.
Selisih kalor yang masuk dan kalor keluar sama dengan kerja yang dihasilkan sistem.

Contoh ?





Kinerja Pompa Daya

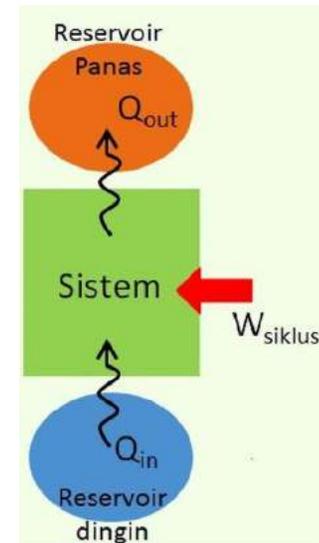
Kinerja sistem dapat ditentukan berdasarkan besarnya energi kalor yang masuk Q_{in} yang dikonversikan menjadi keluaran berupa kerja neto, W_{siklus} . Besarnya konversi dari kalor menjadi kerja dinyatakan oleh rasio yang disebut efisiensi termal :

$$\eta = \frac{W_{cycle}}{Q_{in}}$$

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$


Siklus Refrijerasi

Sebuah sistem tertutup menyerap kalor dari reservoir dingin dan membuang kalor ke reservoir panas. Selisih kalor yang masuk dan kalor keluar sama dengan kerja yang dibutuhkan sistem.

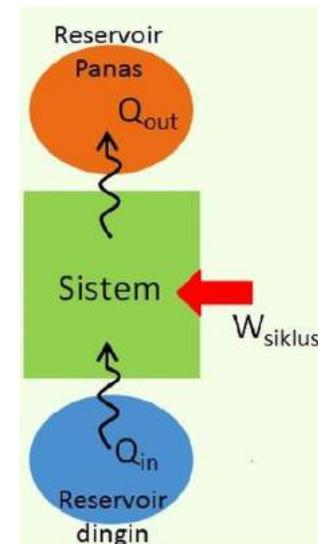


Kinerja sistem dapat ditentukan berdasarkan besarnya energi kalor yang masuk Q_{in} dibagi dengan kerja yang dibutuhkan W_{siklus} . Besarnya koefisien kinerja sistem refrijerasi dinyatakan oleh :

$$\beta = \frac{Q_{in}}{W_{cycle}}$$

Pompa Kalor

Sebuah sistem tertutup menambah kalor pada reservoir panas dengan mengambil kalor dari reservoir dingin. Selisih kalor yang masuk dan kalor keluar sama dengan kerja yang dibutuhkan sistem.



Kinerja sistem dapat ditentukan berdasarkan besarnya energi kalor yang dibuang Q_{out} dibagi dengan kerja yang dibutuhkan W_{siklus} . Besarnya koefisien kinerja sistem pompa kalor dinyatakan oleh :

$$\gamma = \frac{Q_{out}}{W_{cycle}}$$