



Termodinamika Teknik (TFH2F3)

Hukum II Termodinamika

Pengertian Hukum II Termodinamika

Mukhammad Ramdhan Kirom

Prodi Teknik Fisika – Fakultas Teknik Elektro



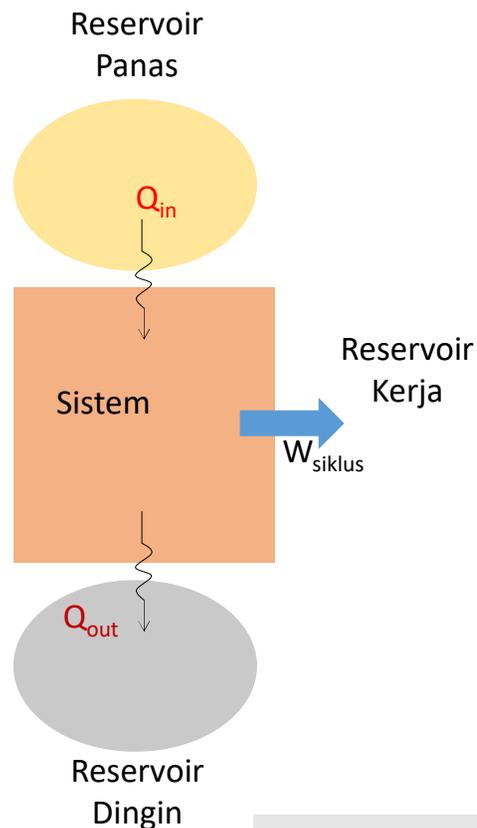


Pengertian

- Hukum kedua termodinamika menyatakan bahwa proses terjadi dalam arah tertentu, tidak sembarang arah.
- Proses fisis di alam dapat dilanjutkan menuju kesetimbangan spontan.
 - Air terjun mengalir ke bawah.
 - Gas memperluas dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.
 - Panas mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah.



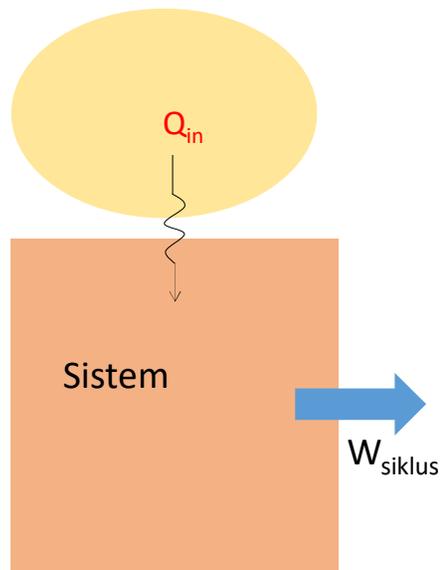
Reservoir



- ❑ **Reservoir kalor**
Reservoir kalor adalah sistem yang besar dalam kesetimbangan stabil yang dapat menerima atau mentransfer kalor tanpa merubah temperatur sistem. Reservoir dengan temperatur lebih tinggi disebut reservoir panas, sedangkan yang temperatur lebih rendah disebut reservoir dingin.
- ❑ **Reservoir kerja**
Reservoir kerja adalah sistem yang besar dalam kesetimbangan stabil yang dapat mentransfer atau menerima sejumlah kerja dalam keadaan adiabatik tanpa terjadi perubahan tekanan.

Pernyataan Kelvin-Planck

Reservoir Panas



- Sebuah proses siklus termodinamika tidak mungkin menerima kalor dari reservoir tunggal dan menghasilkan sejumlah kerja. Dengan kata lain maksimum efisiensi yang mungkin selalu kurang dari 100%.

Tidak Mungkin
!!!



- Contoh sistem memenuhi Pernyataan Kelvin-Planck

Sebuah pompa daya dengan menerima kalor dari reservoir panas melalui boiler dan membuang kalor ke reservoir dingin melalui kondenser menghasilkan kerja.

Kalor mengalir ke sistem pada reservoir panas karena temperatur di reservoir lebih tinggi daripada lingkungan.

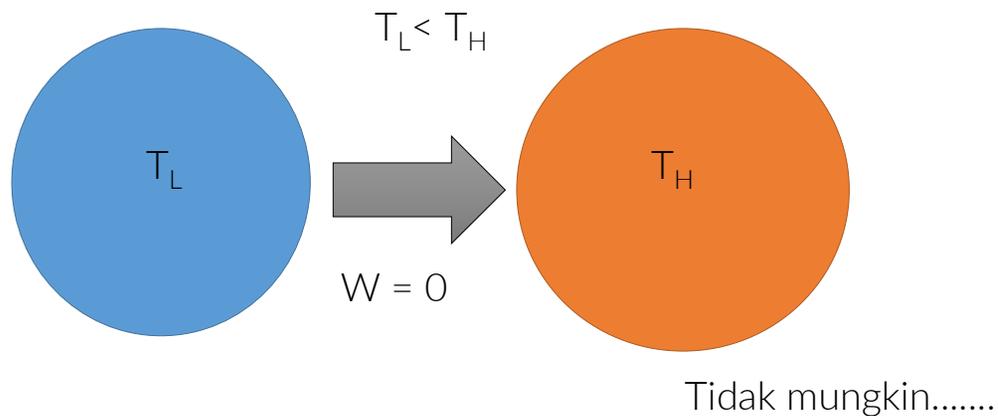
- Contoh sistem tidak memenuhi Pernyataan Kelvin-Planck

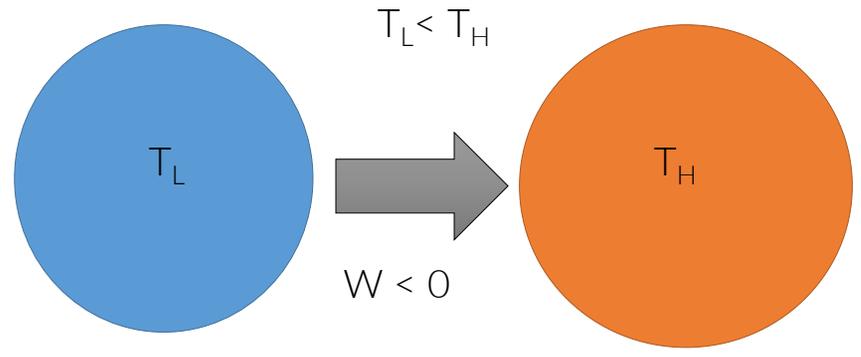
Sebuah pompa daya dengan menerima kalor dari reservoir panas melalui boiler dan menghasilkan kerja.

Semua kalor yang diterima sistem menjadi kerja sistem

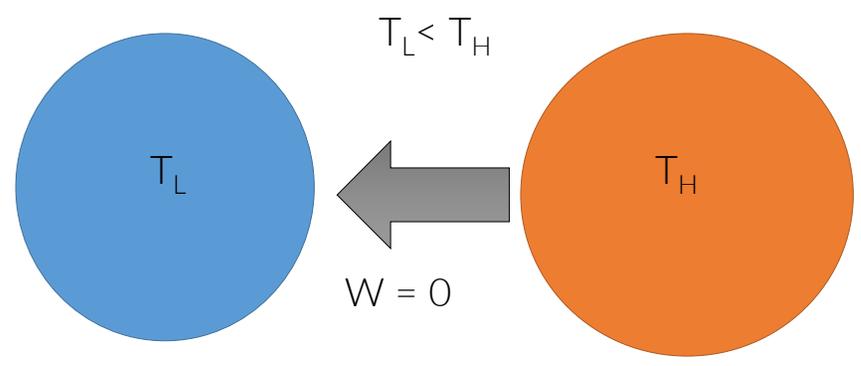
Pernyataan Clausius

Sebuah proses siklus termodinamika tidak mungkin menghasilkan transfer kalor dari benda dengan temperatur rendah ke benda temperatur tinggi, tanpa adanya pengaruh dari lingkungan berupa kerja



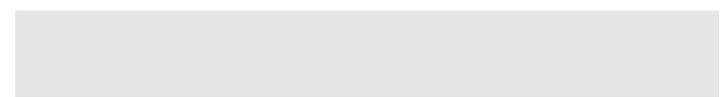


Mungkin.....

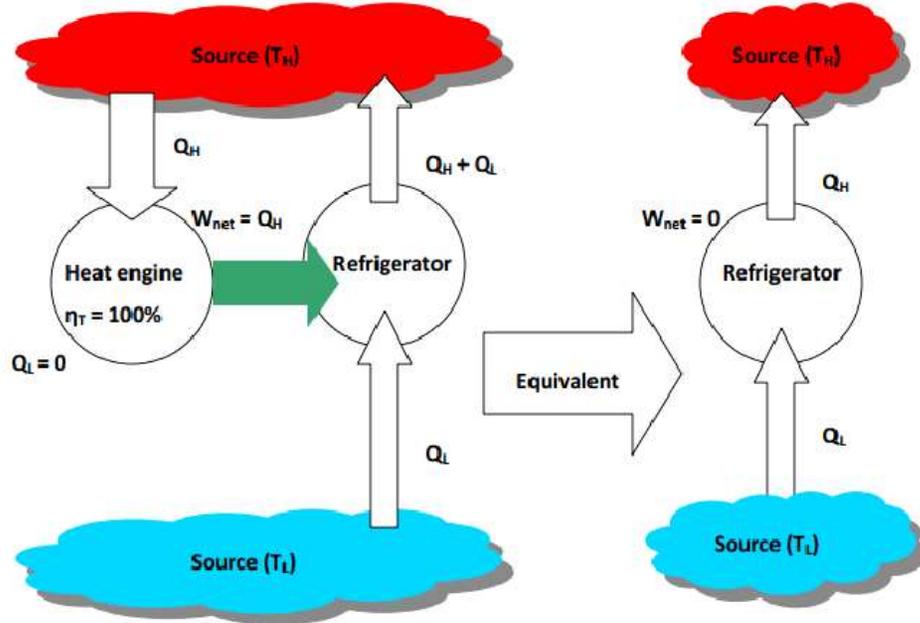


Mungkin.....

Proses siklus termodinamika dapat menghasilkan transfer kalor dari benda dengan temperatur rendah ke benda dengan temperatur tinggi jika ada kerja dari lingkungan



Korelasi pernyataan Kelvin-Planck dan Pernyataan Calusius



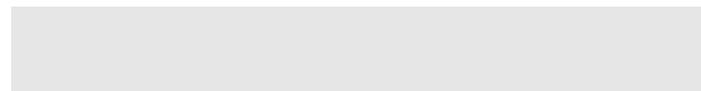
<https://files.transtutors.com/cdn/assets/the-violation-of-the-kelvin-planck-statement-leads-to-violation-of-clausius.png>

Sebuah pompa daya yang bisa mengubah semua kalor dari reservoir panas menjadi kerja digunakan untuk menjalankan kerja siklus refrijerasi untuk memindahkan kalor dari reservoir dingin ke reservoir panas. Ini equivalent dengan memindahkan kalor dari rendah ke tinggi tanpa diberi kerja



Proses Reversibel

- Proses reversibel terjadi jika sistem tersebut tidak mengalami disipasi akibat gesekan atau redaman.
- Dalam kasus proses reversibel perubahan parameter akan selalu sama jika dilakukan proses berulang.
- Contoh amplitudo simpangan pegas selalu sama jika tidak ada gesekan antara balok dengan lantai





Efek Carnot :

- Efisiensi termal dari sebuah siklus daya ireversibel selalu lebih kecil daripada efisiensi siklus daya reversibel ketika masing-masing beroperasi antara dua reservoir panas yang sama
- Hal ini berlaku pula untuk koefisien kinerja dari siklus refrijerasi dan pompa kalor



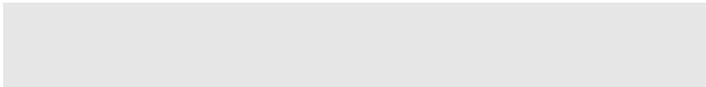
Siklus Carnot

Siklus Carnot adalah contoh siklus termodinamika yang terdiri dari 4 proses yang bersifat reversibel internal yang terdiri dari 2 proses adiabatik dan dua proses isotermal.

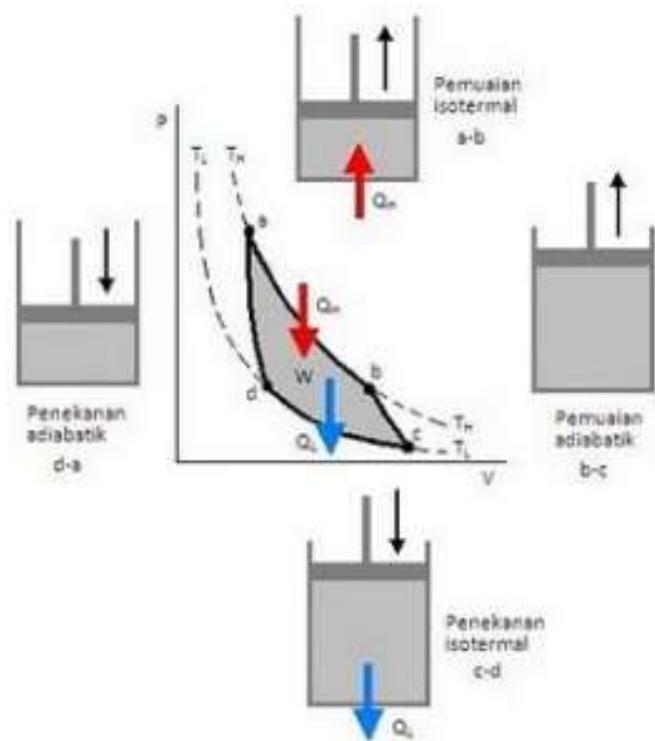
Reversibel internal adalah jika proses reversibel hanya terjadi dalam sistem saja.

Siklus daya mempunyai nilai efisiensi maksimum pada saat kondisi reversibel dan dinyatakan sebagai efisiensi Carnot :

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

$$\eta_{\text{max}} = 1 - \frac{T_C}{T_H}$$


Siklus Daya Ideal



<https://gurumuda.net/wp-content/uploads/2017/10/Siklus-mesin-Carnot-1.png>

- Proses 1 – 2 : Gas dikompresi secara adiabatik ke keadaan 2 dengan temperatur T_H
- Proses 2 – 3 : Gas berekspansi secara isothermal dan menerima kalor dari reservoir panas
- Proses 3 – 4 : Gas berekspansi secara adiabatik hingga temperatur T_C
- Proses 4 – 1 : Gas dikompresi secara isothermal dan melepaskan kalor ke reservoir dingin



Efisiensi Carnot untuk siklus refrijerasi

Siklus refrijerasi mempunyai nilai koefisien performansi maksimum pada saat kondisi reversibel dan dinyatakan sebagai :

$$\beta_{\max} = \frac{T_C}{T_H - T_C}$$

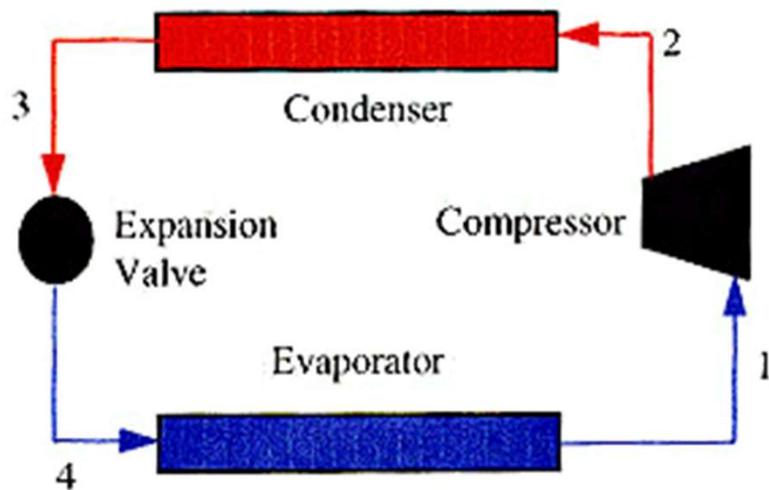
Untuk sistem yang ireversibel berlaku

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

Dengan Q_{in} menyatakan kalor dari reservoir dingin atau beban pendinginan dan W_{siklus} menyatakan kerja pompa yang dibutuhkan



Siklus Refrijerasi Ideal



<http://web.ipb.ac.id/~teprtetar/elearning/media/1/eknik%20PENDINGINAN/images/Gambar%205-3.gif>

- Proses 1 – 2 : Fluida kerja dikompresi secara adiabatik ke keadaan 2 dengan temperatur T_H
- Proses 2 – 3 : Fluida dikompresi secara isotermal dan membuang kalor ke reservoir panas
- Proses 3 – 4 : Gas berekspansi secara adiabatik hingga temperatur T_C
- Proses 4 – 1 : Gas berekspansi secara isotermal dan menyerap kalor ke reservoir dingin



Efisiensi Carnot untuk Pompa Kalor

Pompa kalor mempunyai nilai koefisien performansi maksimum pada saat kondisi reversibel dan dinyatakan sebagai :

$$\gamma_{\max} = \frac{T_H}{T_H - T_C}$$

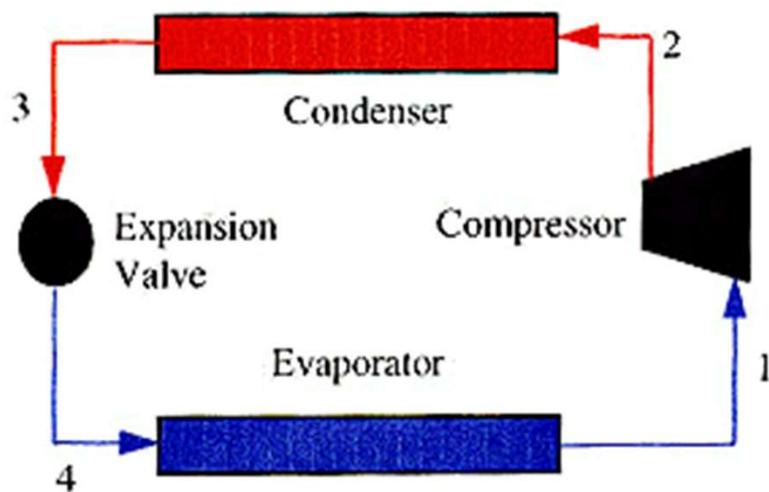
Untuk sistem yang ireversibel berlaku

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

Dengan Q_{out} menyatakan kalor yang dibuang ke reservoir panas dan W_{siklus} menyatakan kerja pompa yang dibutuhkan



Pompa Kalor Ideal



<http://web.ipb.ac.id/~teprtetar/elearning/media/1/eknik%20PENDINGINAN/images/Gambar%205-3.gif>

- Proses 1 – 2 : Fluida kerja dikompresi secara adiabatik ke keadaan 2 dengan temperatur T_H
- Proses 2 – 3 : Fluida berekspansi secara isotermal dan membuang kalor ke reservoir panas
- Proses 3 – 4 : Gas berekspansi secara adiabatik hingga temperatur T_C
- Proses 4 – 1 : Gas dikompresi secara isotermal dan menyerap kalor ke reservoir dingin