

# KULIAH - XVI

## TERMODINAMIKA TEKNIK I TKM 203 (4 SKS) SEMESTER III

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
TAHUN 2006

## **KEGUNAAN HUKUM TERMODINAMIKA II**

1. Menentukan efisiensi paling tinggi dari mesin panas atau KP yang maximum dari mesin pendingin.
2. Menentukan apakah proses dapat berlangsung atau tidak (irreversible atau reversible).
3. Menentukan arah atau derajat suatu reaksi kimia.
4. Menentukan skala temperatur yang tidak tergantung pada sifat-sifat fisik tiap zat.
5. Mendefinisikan suatu sifat yang sangat berguna.

## **PROSES REVERSIBEL**

1. Gerakan relative tanpa gesekan (licin)
2. Peregangan dan penekanan suatu pegas.
3. Ekspansi dan kompresi adiabatik tanpa gesekan.
4. Ekspansi dan kompresi isotermik
5. Ekspansi dan kompresi polintropik.
6. Elektrolisa

## **PROSES IRREVERSIBEL**

1. Gerakan relatif dengan gesekan.
2. Ekspansi bebas (tidak ada kerja karena  $Q = 0 \rightarrow U = 0$ )
3. Pembakaran.
4. Proses difusi.

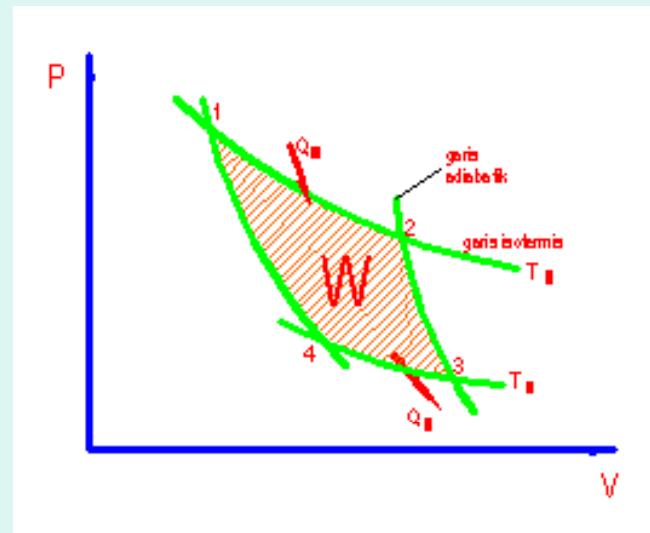
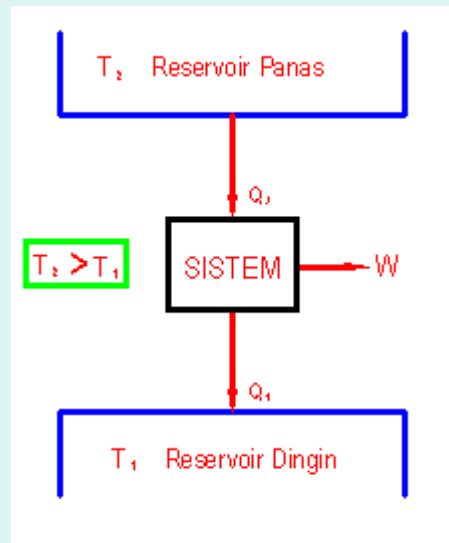
## **SIKLUS REVERSIBEL : SIKLUS CARNOT**

Siklus carnot ini terdiri dari :  
- 2 proses isotermik  
- 2 proses adiabatik reversibel

Siklus carnot : Memiliki medium kerja yang menerima panas dari suatu temperatur dan melepaskannya pada temperatur yang lain  $\rightarrow$  jadi diperlukan dua reservoir yang berdasarkan hukum termodinamika kedua merupakan jumlah minimum.

Siklus ini dapat terjadi pada proses-proses tak mengalir reversibel atau pada proses-proses stasioner.

## Siklus Carnot pada diagram P-V :



Karena sistem mengalami satu siklus maka energi dalam tidak berubah, jadi  $\Delta U = 0$ .  
Maka Hukum Termodinamika I diperoleh:

$$\oint dQ = \oint dW = Q_2 - Q_1$$

dimana :  
W adalah kerja total  
Q<sub>2</sub> panas yang diserap sistem  
Q<sub>1</sub> panas yang dilepaskan oleh sistem

Maka efisiensi termik siklus carnot, yaitu hasil bagi kerja yang dilakukan sistem dengan panas yang diserap sistem pada temperatur tinggi :

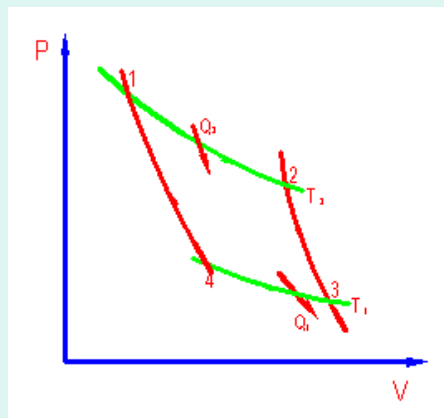
$$\eta = \frac{W}{Q_2} = \frac{\oint dW}{Q_2} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{Q_1}{Q_2}$$

**Contoh:**

Perhitungan efisiensi termik mesin carnot yang menggunakan gas ideal :  
Jawab:

untuk gas ideal:  $PV = mRT$  atau  $pv = RT$   
 $du = C_v \cdot dT$

- Proses 1-2 : proses isotermik,  $pv = \text{konstan}$ .



$$W_{da} = \int_1^2 p dV = p_1 v_1 \ln \frac{v_2}{v_1} = p_1 v_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$q = w = p_1 v_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$q = w = RT_1 \ln \frac{p_1}{p_2}$$

- **Proses 2-3 : proses adiabatik reversible,  $p v \gamma = \text{konstan}$ ,  $dq = 0$ .**

$$W = -\Delta U = -C_v (T_3 - T_2) \quad \text{atau} \quad W = -\Delta U = -C_v (T_1 - T_2)$$

$$W = -\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$$

$$W = -\Delta U = C_v (T_2 - T_1)$$

- **Proses 3-4 : Proses isotermik ;  $\Delta U = 0$**

$$W_{da} = \int_3^4 p dV = -p_3 v_3 \ln \left( \frac{p_4}{p_3} \right)$$

$$q = w = -p_3 v_3 \ln \left( \frac{p_4}{p_3} \right) = -RT_3 \ln \left( \frac{p_4}{p_3} \right)$$

- Proses 4-1 : Adiabatik reversible  $dq = 0$  ,  $pvy = \text{konstan}$

$$w = -\Delta U = -C_v (T_1 - T_4)$$

$$\text{atau } w = -C_v (T_2 - T_1)$$

$$w = C_v (T_1 - T_2)$$

→ Jadi jumlah kerja siklus :

$$\oint dQ = \oint dW$$

$$\oint dW = q_{1-2} - q_{3-4}$$

$$\oint dW = RT_2 \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) - RT_1 \ln\left(\frac{p_4}{p_3}\right)$$

→ Untuk proses adiabatik :

$$\frac{p_2}{p_3} = \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$\frac{p_1}{p_4} = \left(\frac{T_1}{T_4}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$\frac{p_2}{p_3} = \frac{p_1}{p_4}$$

atau

$$\frac{p_4}{p_3} = \frac{p_1}{p_2}$$

$$\phi dW = RT_2 \ln \frac{p_1}{p_2} - RT_1 \ln \frac{p_1}{p_2} = R(T_2 - T_1) \ln \frac{p_1}{p_2}$$

$$\eta_{th} = \frac{\phi dw}{q_{1-2}} = \frac{R(T_2 - T_1) \ln \frac{p_1}{p_2}}{RT \ln \frac{p_1}{p_2}} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$



Jadi  $\eta$  Carnot hanya bergantung pada  $T_1$  dan  $T_2$ .  
Maka akan diperoleh ; efisiensi carnot adalah:

$$\eta = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_2} = \frac{T_2 - T_1}{T_2}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_1}{Q_2} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

atau:

$$\frac{Q_2}{T_2} = \frac{Q_1}{T_1}$$