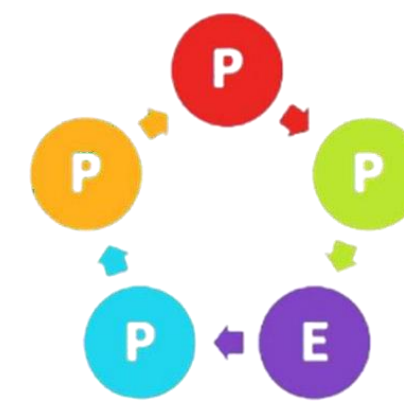




PERTEMUAN- 5

Hukum Termodinamika Kedua

Termodinamika Teknik Kimia



HUKUM TERMODINAMIKA 2

Pernyataan 1

“Tidak ada satupun peralatan yang dapat beroperasi sedemikian rupa sehingga hanya mengakibatkan (dalam sistem dan lingkungan) semua kalor/panas yang diserap oleh sistem diubah seluruhnya menjadi kerja.”

Clausius


“Tidak ada suatu proses pun yang memungkinkan untuk semata-mata memindahkan kalor/panas dari temperatur rendah ke temperatur tinggi.”

MESIN KALOR



Seluruh rangkaian siklus mesin kalor adalah pemindahan kalor ke dalam sistem pada temperatur tinggi, pembuangan kalor ke lingkungan pada temperatur rendah, dan menghasilkan kerja

Dalam operasi, fluida kerja suatu mesin kalor menyerap kalor sebesar QH dari reservoir panas, menghasilkan kerja sebesar W , dan membuang kalor sebesar QC ke reservoir dingin, dan kembali ke keadaan awal





Dengan demikian hukum pertama dapat disederhanakan sebagai berikut:

$$|W| = |Q_H| - |Q_C| \quad (5.1)$$

Efisiensi termal dari mesin didefinisikan sebagai:

$$\eta \equiv \frac{\text{kerja netto yang dihasilkan}}{\text{k calor yang diserap}}$$

Dengan menggunakan persamaan (5.1), persamaan ini menjadi:

$$\eta = \frac{|W|}{|Q_H|} = \frac{|Q_H| - |Q_C|}{|Q_H|}$$

$$\text{Atau } \eta = 1 - \frac{|Q_C|}{|Q_H|} \quad (5.2)$$



TEORI CARNOT



Untuk dua reservoir kalor yang ditentukan, maka tidak ada suatu mesin yang dapat memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi di bandingkan dengan mesin Carnot.

bahwa mesin E mempunyai efisiensi termal lebih besar dari mesin Carnot adalah salah, maka dengan ini teori Carnot adalah terbukti. Dengan cara yang sama, seorang dapat membuktikan bahwa semua mesin Carnot yang beroperasi pada antara dua reservoir kalor dan pada dua temperatur yang sama akan memiliki efisiensi termal yang sama. Maka konsekuensi dari teori Carnot menyatakan:

Efisiensi termal suatu mesin Carnot hanya bergantung pada derajat (*level*) temperatur dan bukan pada bahan kerja (*working substance*) dari mesin.



TEORI CARNOT

Konsekuensi dari teori Carnot mengidentifikasikan bahwa efisiensi termal dari mesin yang pertama adalah fungsi dari ϑ_H dan ϑ_C :

$$\eta = 1 - \frac{|Q_C|}{|Q_H|} = \phi(\theta_H, \theta_C)$$

Penyusunan kembali persamaan ini, menghasilkan:

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{1}{1 - \phi(\theta_H, \theta_C)} = f(\theta_H, \theta_C) \quad (5.3)$$

TEORI CARNOT

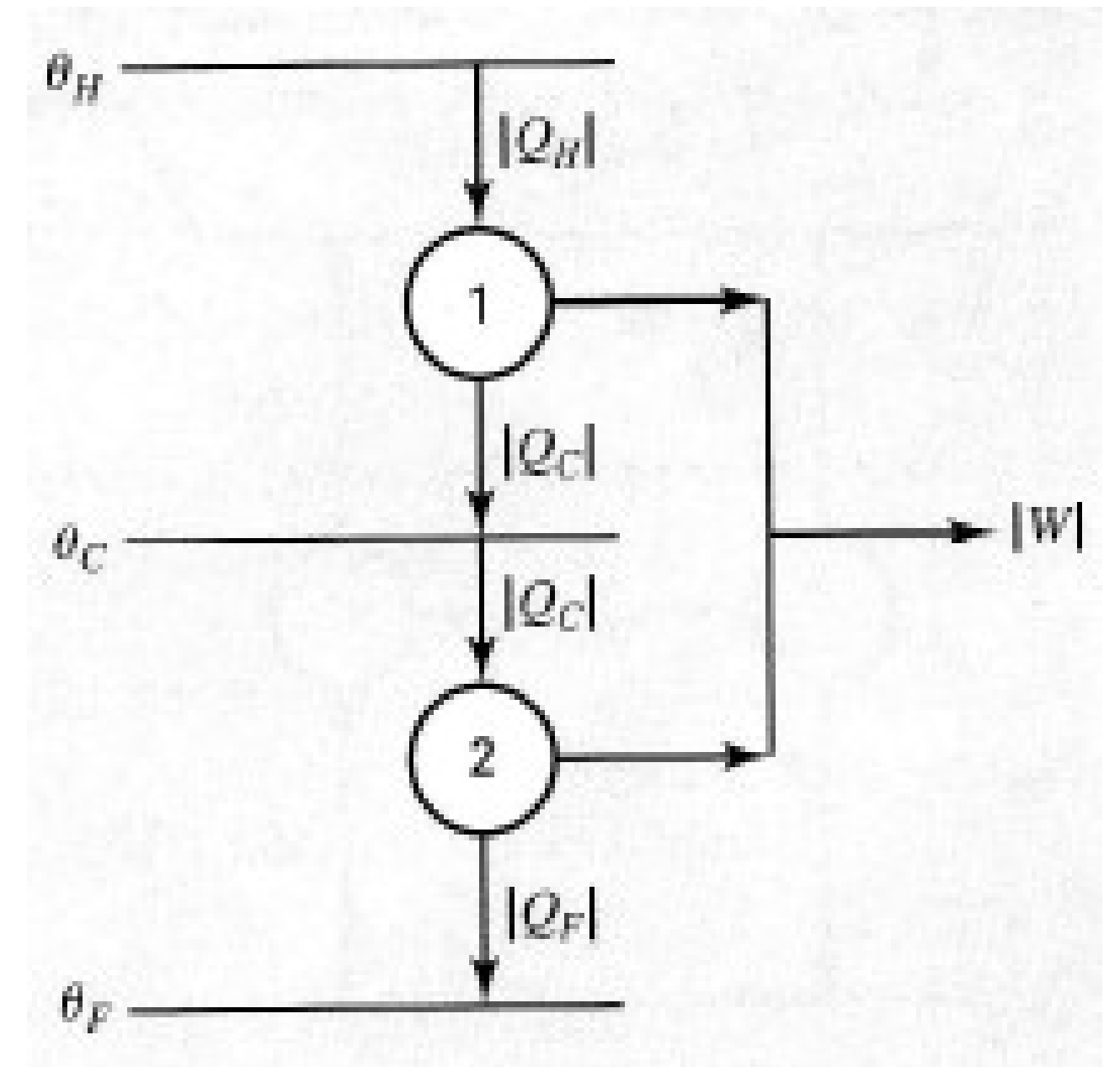


Untuk mesin kedua dan ketiga, kedua-duanya diterapkan persamaan dengan bentuk fungsi yang sama;

$$\frac{|Q_C|}{|Q_F|} = f(\theta_C, \theta_F) \quad \text{dan} \quad \frac{|Q_H|}{|Q_F|} = f(\theta_H, \theta_F)$$

Persamaan kedua (dari dua persamaan ini) dibagi oleh persamaan pertama menhasilkan:

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{f(\theta_H, \theta_F)}{f(\theta_C, \theta_F)}$$



TEORI CARNOT



Dengan membandingkan persamaan ini dan persamaan (5.3) maka jelaslah temperatur ϑ mesti dihilangkan dari perbandingan suku-suku sebelah kanan:

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{\psi(\theta_H)}{\psi(\theta_C)} \quad (5.4)$$

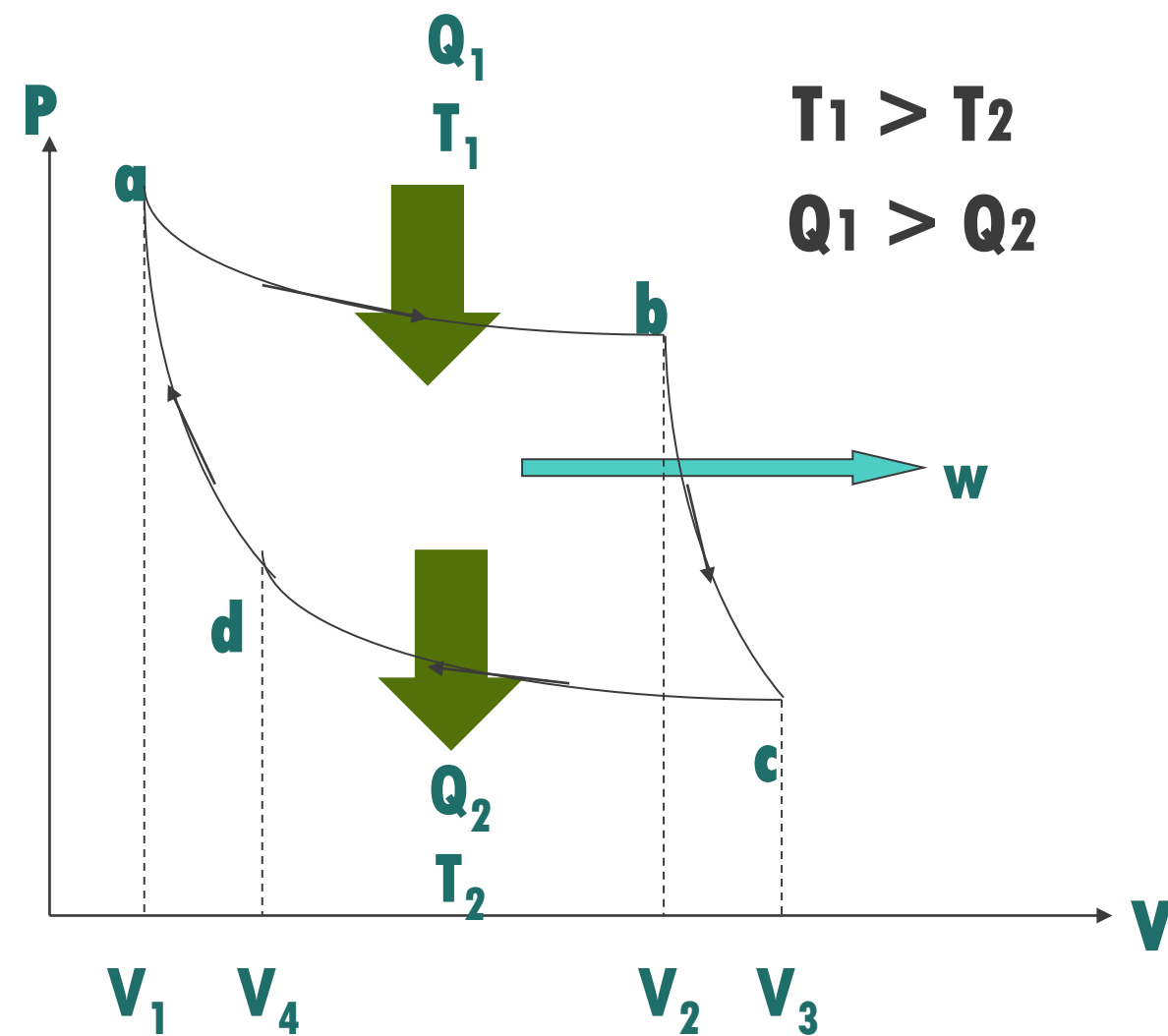
Jika ϑ dipilih sebagai temperatur Kelvin T , maka persamaan (5.4) menjadi:

$$\frac{|Q_H|}{|Q_C|} = \frac{\psi(T_H)}{\psi(T_C)} \quad (5.5)$$


MESIN CARNOT

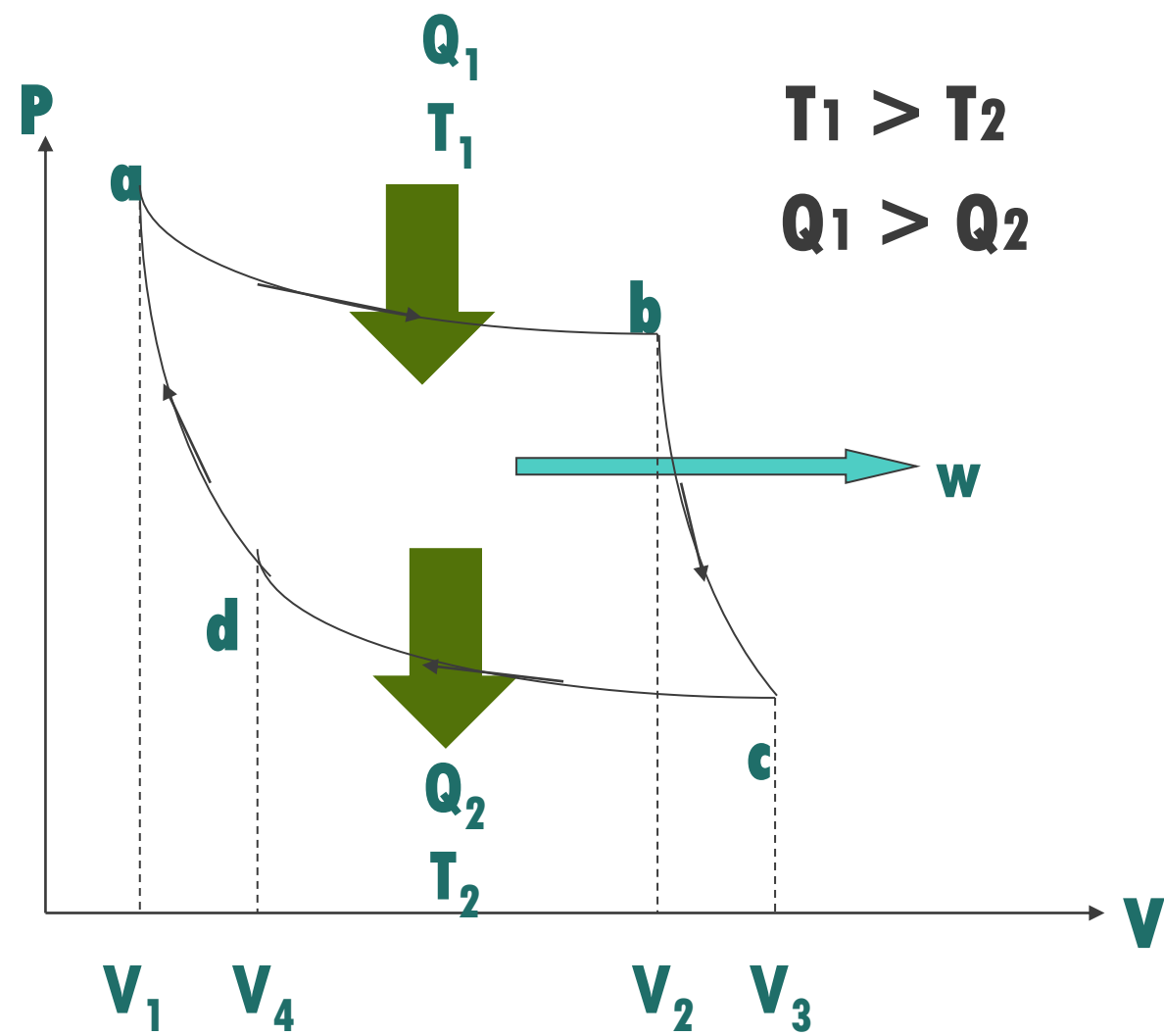
Mesin Kalor Ideal = Reversible tanpa kehilangan energi

2 ISOTERMAL & 2 ADIABATIK



a-b	Pemuaian Isotermal <ul style="list-style-type: none">▪ Sistem melakukan usaha▪ Menyerap Q_1 dari Reservoir T_1
b-c	Pemuaian Adiabatik <ul style="list-style-type: none">▪ Sistem melakukan usaha
c-d	Penyusutan Isotermal <ul style="list-style-type: none">▪ Sistem menerima usaha▪ Melepas Q_2
d-e	Penyusutan Adiabatik <ul style="list-style-type: none">▪ Sistem menerima usaha

MESIN CARNOT



Step Isothermal

$b \rightarrow c$

$$|Q_1| = RT_1 \ln \frac{V_c}{V_b}$$

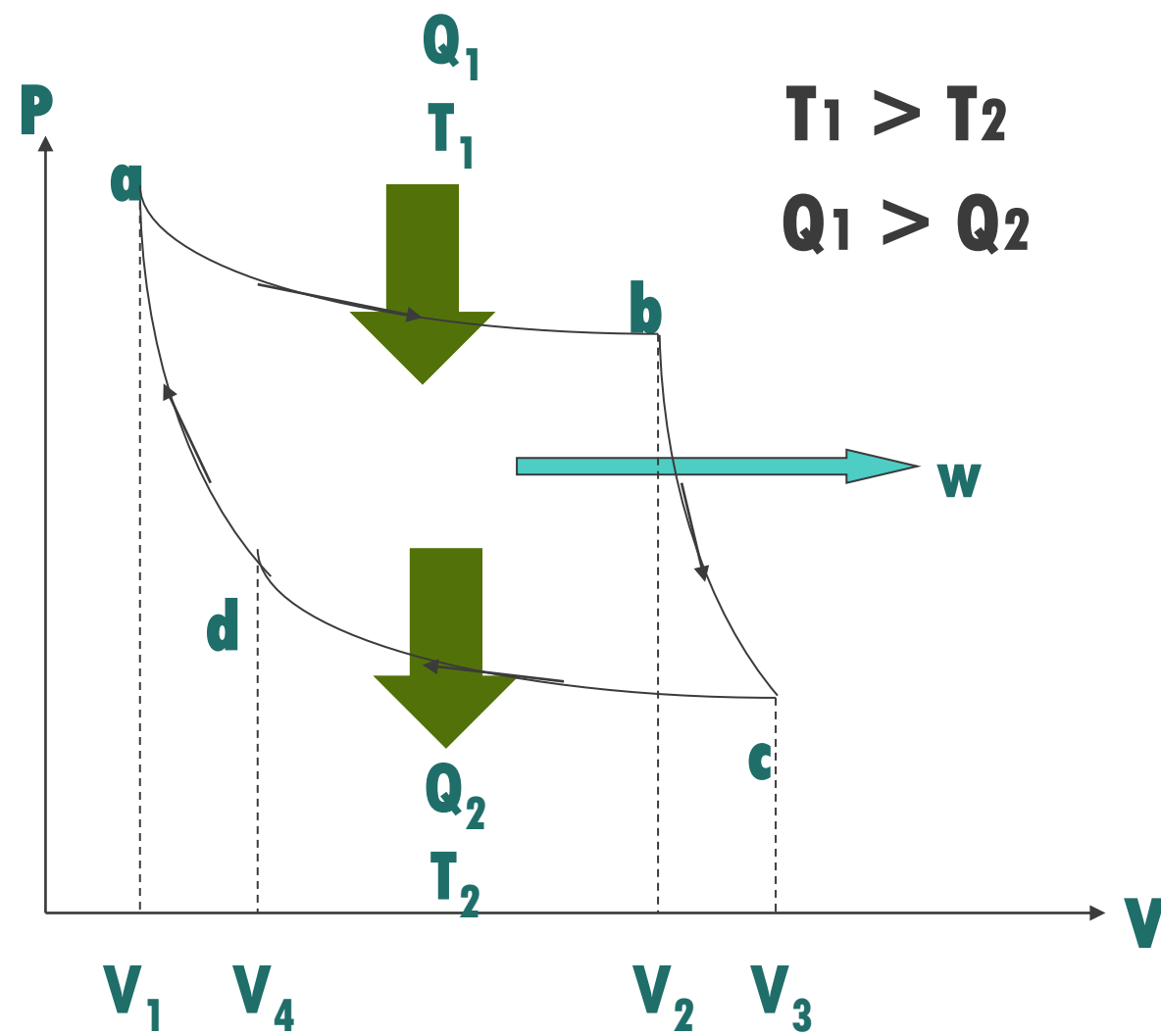
$d \rightarrow a$

$$|Q_2| = RT_2 \ln \frac{V_d}{V_a}$$

Sehingga,

$$\frac{|Q_1|}{|Q_2|} = \frac{T_1 \ln\left(\frac{V_c}{V_b}\right)}{T_2 \ln\left(\frac{V_d}{V_a}\right)}$$

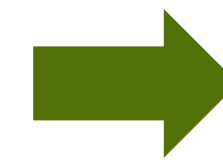
MESIN CARNOT



Step Adiabatik

$$\underline{Q=0}$$

$$Q = C_v dT + RT \frac{dV}{V}$$



$$-\frac{C_v dT}{RT} = \frac{dV}{V}$$

a → b

$$\int_{T_2}^{T_1} \frac{C_v dT}{RT} = \ln \frac{V_a}{V_b}$$

c → d

$$\int_{T_2}^{T_1} \frac{C_v dT}{RT} = \ln \frac{V_d}{V_c}$$

Sehingga,

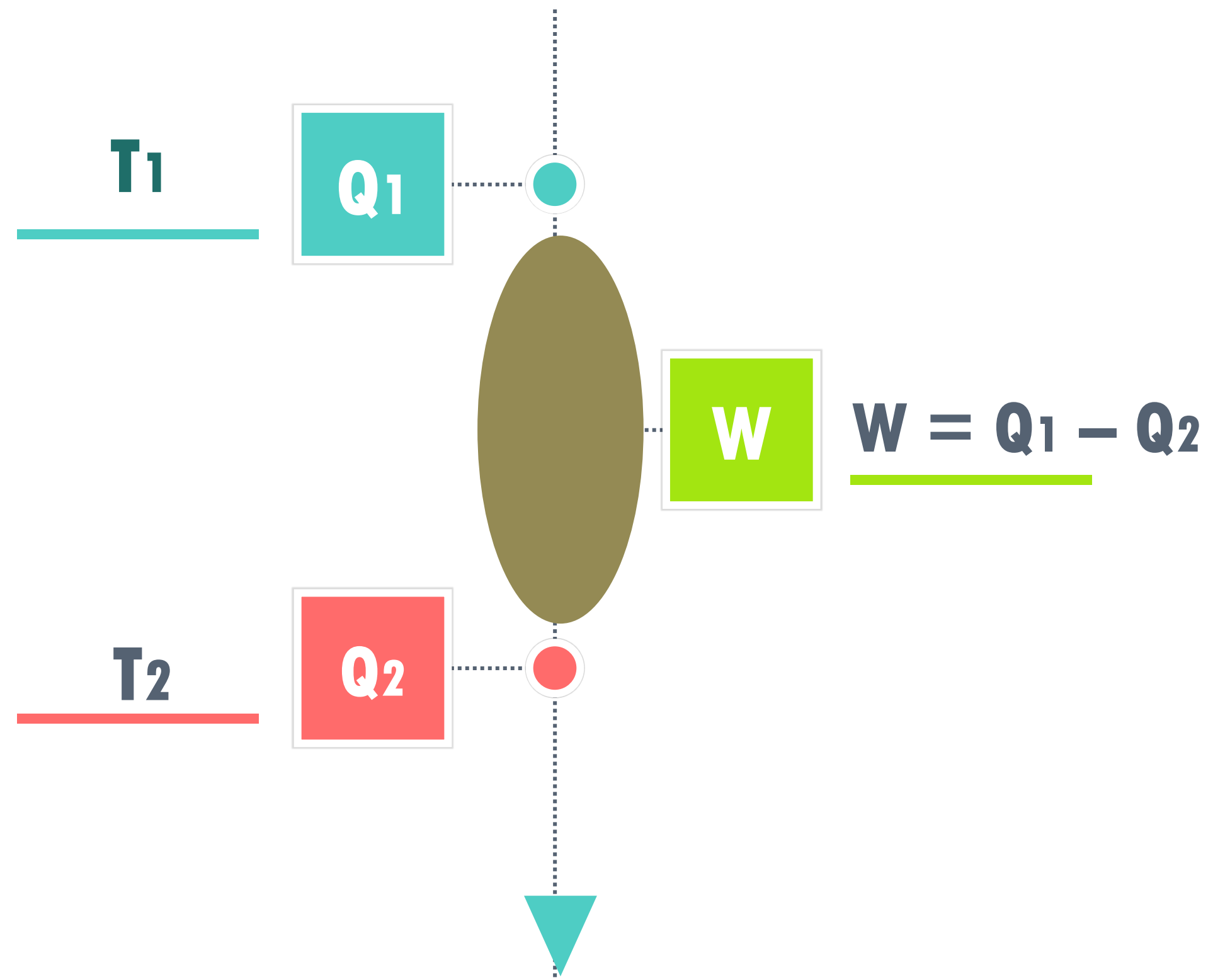
$$\ln \frac{V_a}{V_b} = \ln \frac{V_d}{V_c}$$

atau

$$\ln \frac{V_c}{V_b} = \ln \frac{V_d}{V_a}$$

SKEMA

$$T_1 > T_2$$



Usaha Pada

Mesin Pemanas

Carnot

$$W = Q_1 - Q_2$$

Efisiensi (η)

Perbandingan
antara usaha yang
dilakukan dengan
kalor yang diserap

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi ; } \eta (\%) &= \frac{W}{Q_1} \times 100\% \\ &= \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \times 100\% \\ &= 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \times 100\% \end{aligned}$$

Berdasarkan Hukum Thermodinamika 1,

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

$$\text{Efisiensi ; } \eta (\%) = 1 - \frac{T_2}{T_1} \times 100\%$$



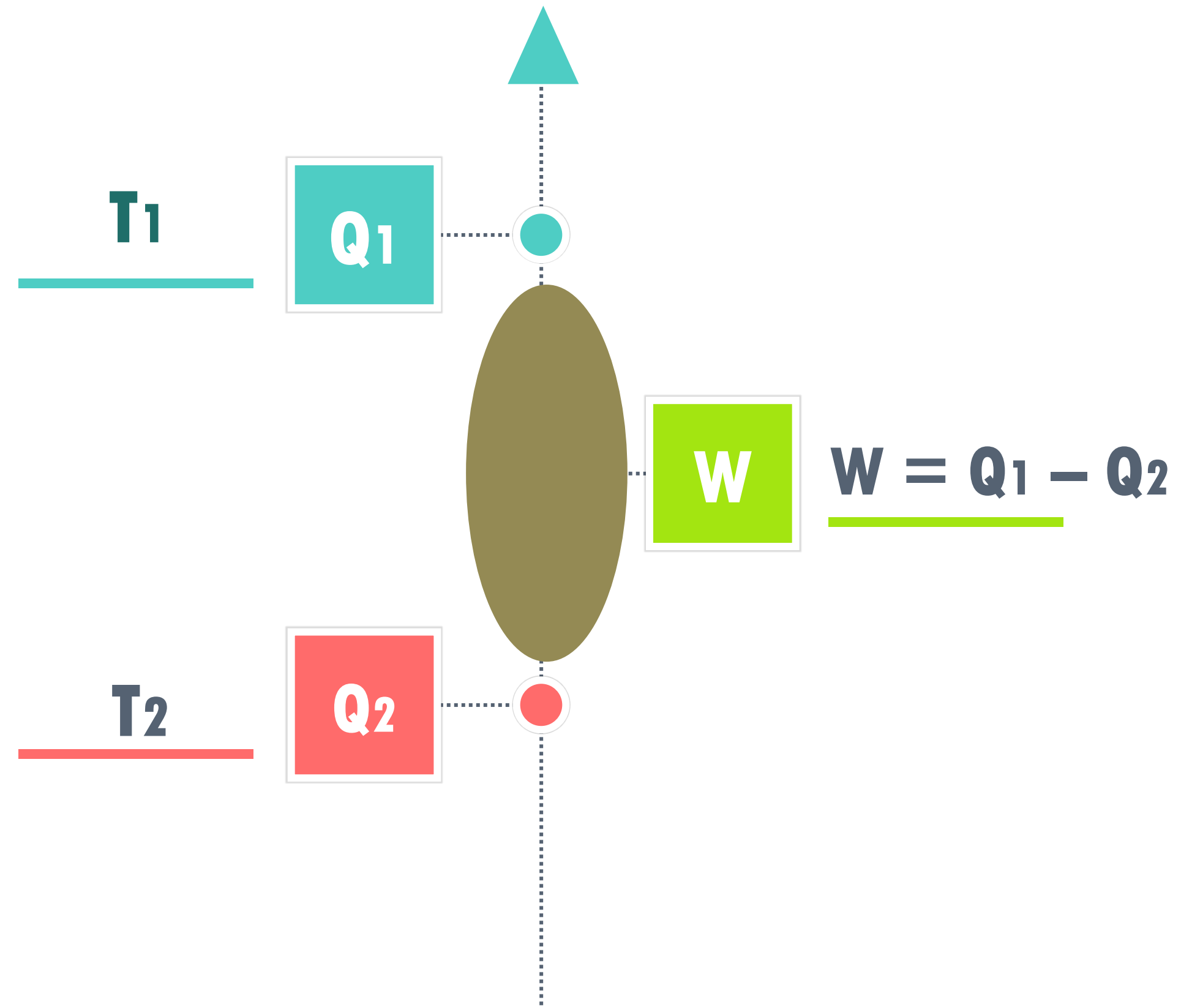
MESIN PENDINGIN



- **Berlawanan dengan Mesin Kalor/Pemanasan**
- **Untuk memindahkan kalor dari reservoir rendah T_2 ke T_1 butuh usaha**

SKEMA

$$T_1 > T_2$$



Usaha Pada Mesin Pendingin

$$W = Q_1 - Q_2$$

Koefisien

Performansi (Kp)

Perbandingan antara kalor
yang dipindahkan dengan
usaha yang dilakukan

Koefisien Performansi ; Kp

$$Kp = \frac{Q_2}{W}$$
$$= \frac{Q_2}{Q_1 - Q_2}$$

Berdasarkan Hukum Thermodinamika 1,

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

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

$$Kp = \frac{1}{\eta}$$

Contoh Soal

Suatu pusat pembangkit daya yang beroperasi pada 800.000 KW, menghasilkan kukus pada temperatur 585 K dan membuang kalor ke sungai pada temperatur 295K. Jika efisiensi termal pembangkit daya adalah 70% dari harga maksimum yang mungkin dicapai (efisiensi), berpakah jumlah kalor yang dibuang ke sungai untuk menghasilkan daya sebesar yang telah disebutkan?

Jawab :

$$\eta = 1 - \frac{295}{585} = 0,4957$$

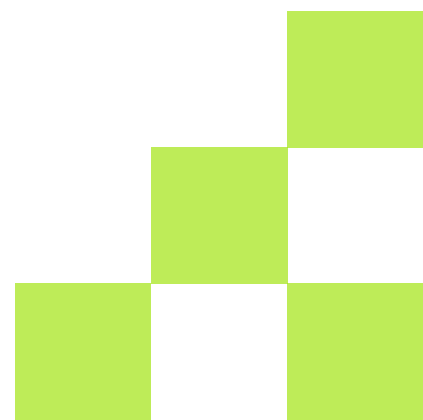
$$\eta = (0,7)(0,4957) = 0,3470$$

$$\begin{aligned} |Q_c| &= \left(\frac{1-\eta}{\eta} \right) W \\ &= \left(\frac{1-0,347}{0,347} \right) (800.000) : \\ &= 1.505.500 \text{ kW} \\ &= 1.505.500 \text{ kJs}^{-1} \end{aligned}$$

Jumlah kalor ini akan meningkatkan temperatur sungai yang berukuran sedang ke beberapa derajat Celsius.

3

ENTROPI



ARAH PROSES TERMODINAMIKA

IRREVERSIBLE

- Proses termodinamik yang berlangsung secara alami (spontan)
- Berlangsung satu arah, tidak pada arah sebaliknya
- Contoh : Kalor berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah

- Proses termodinamika yang dapat berlangsung secara bolak-balik
- Mendekati kesetimbangan termodinamika antara sistem dengan lingkungan
- Merupakan proses-seperti kesetimbangan (quasi equilibrium process)

REVERSIBLE



Reaksi Spontan

Gula Larut Dalam Kopi

Air Mencair Diatas 0°C dan Membeku Dibawah 0°C

Kalor Mengalir dari Benda Yang Bersuhu Tinggi ke Benda Yang Bersuhu Rendah





????



Benarkah Reaksi Spontan Hanya Berjalan Satu Arah?

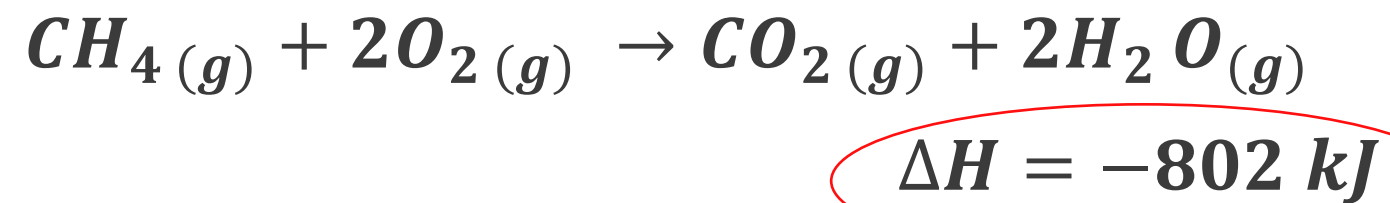
Benarkah Reaksi Spontan Selalu Menurunkan Energi?



ΔH & Kespontanan

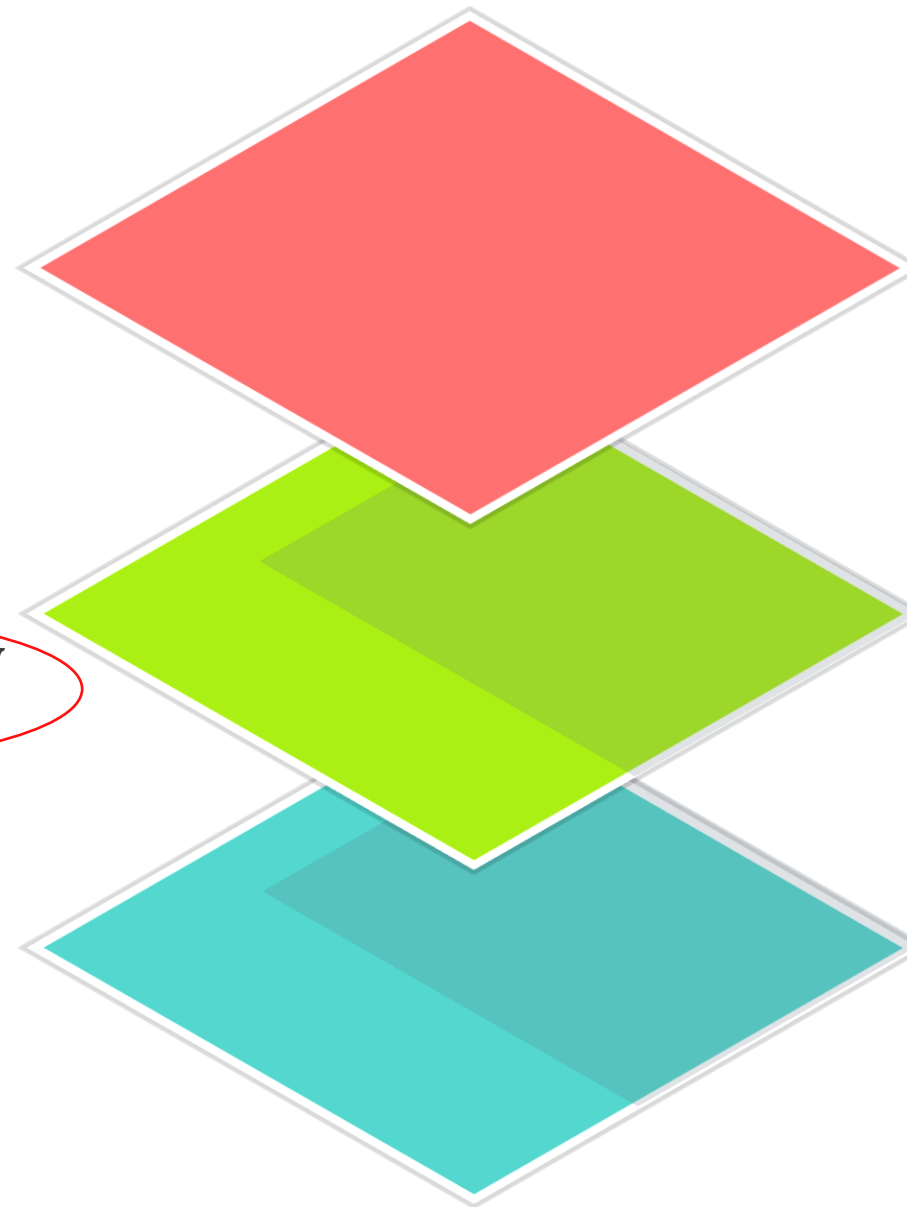
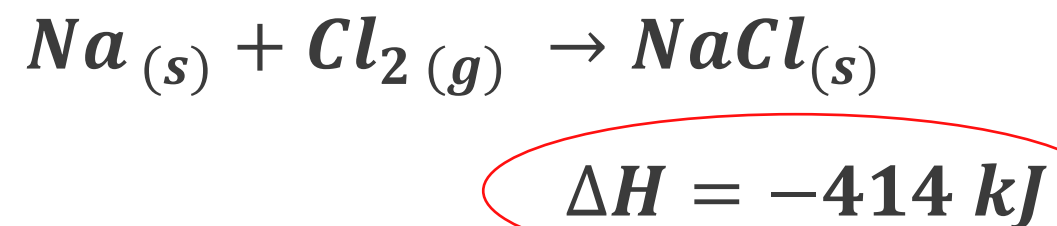
Reaksi Pembakaran

Reaksi Pembakaran adalah Spontan & Eksotermik



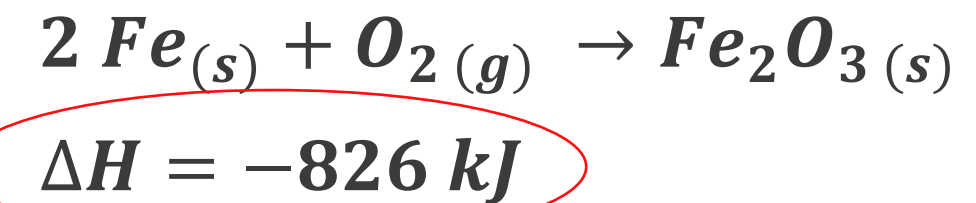
Pembentukan Senyawa Ion

Senyawa-senyawa Ion Secara Spontan Terbentuk dari Unsur-Unsurnya dengan Melepas Kalor



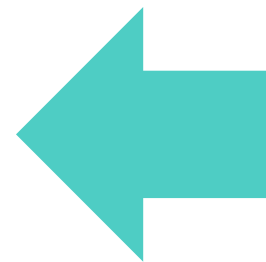
Besi Berkarat

Besi Berkarat Secara Spontan & Eksotermik



Reaksi Spontan

**Ada Faktor Lain :
ENTROPI**

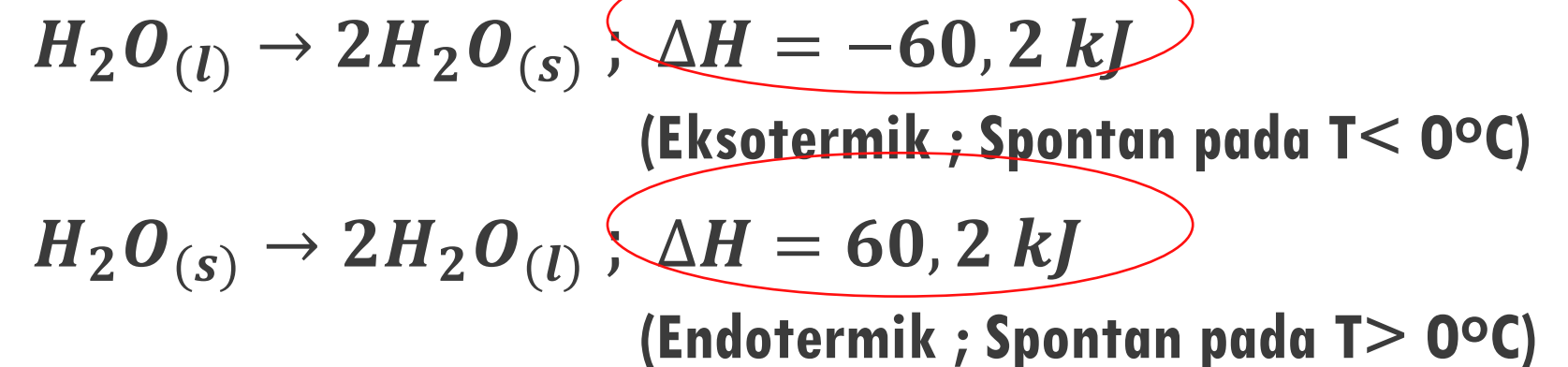


ΔH Umumnya (-), tetapi juga ada reaksi dengan ΔH (+) yang spontan

Pada tekanan normal (1atm), Air membeku di bawah 0°C dan mencair di atas 0°C

Keduanya adalah Proses Spontan, namun :

- Air membeku di bawah 0°C \rightarrow Eksotermik
- Air mencair di bawah 0°C \rightarrow Endotermik



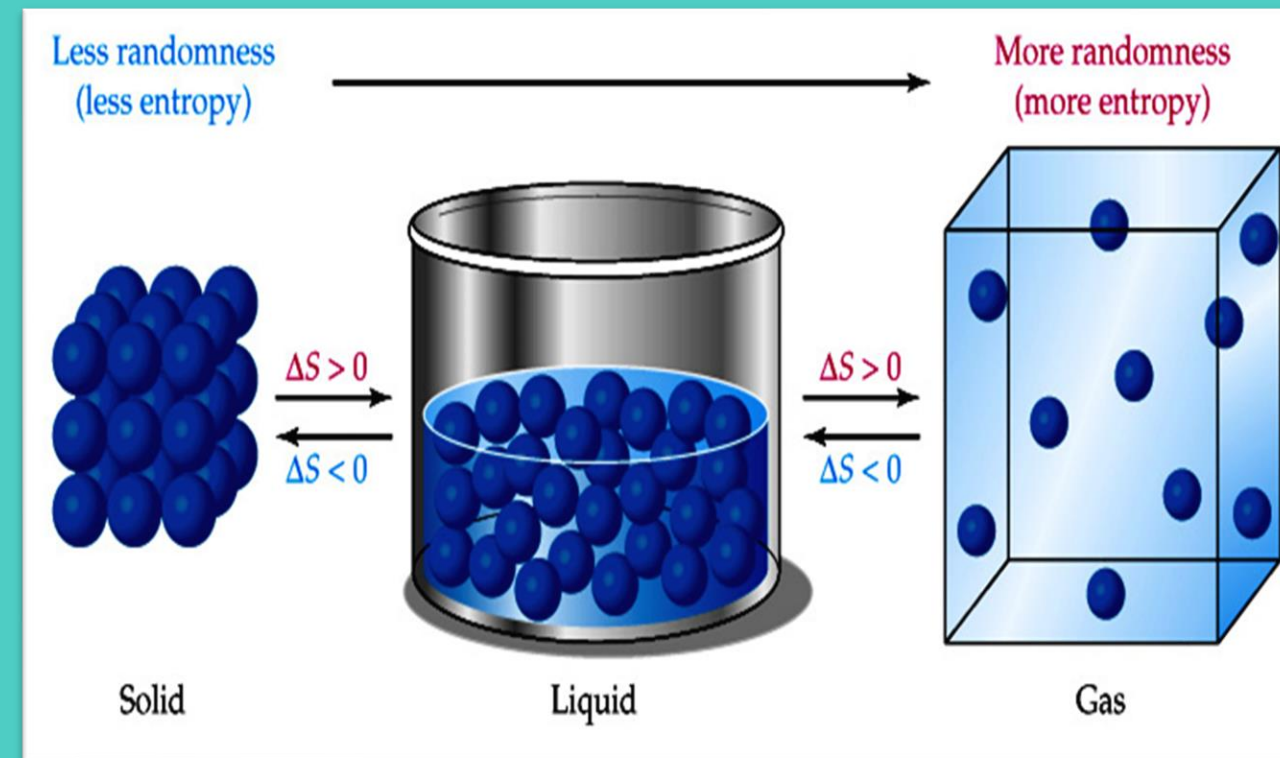


ENTROPI (S)

Entropi merupakan sifat keadaan suatu sistem yang menyatakan tingkat ketidakteraturan, berkaitan dengan jumlah keadaan mikro yang tersedia bagi molekul sistem tersebut.

Entropi merupakan kecenderungan sistem untuk berproses ke arah tertentu.

Entropi dapat dihasilkan, tetapi tidak dapat dimusnahkan.



$S_{\text{disorder}} > S_{\text{order}}$

$S_{\text{gas}} \gg S_{\text{air}} > S_{\text{padat}}$

Entropi meningkat seiring dengan kebebasan dari molekul untuk bergerak.

Jika entropi sistem meningkat, komponen sistem semakin tidak teratur (random) dan energi sistem lebih terdistribusi pada range lebih besar

Salah satu besaran termodinamika yang mengukur energi (kalor) dalam sistem per satuan temperatur yang tak dapat digunakan untuk melakukan usaha

$$\Delta S = \left(\frac{Q}{T} \right) \text{ Reversible}$$

Contoh Soal

Suatu sistem menyerap kalor sebesar 60 kJ pada suhu 27°C. Berapakah perubahan entropi sistem ini?

Diketahui :

$$Q = 60 \text{ kJ} = 60.000 \text{ J}$$

$$T = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

Ditanya :

$$\Delta S = \dots?$$

Jawab :

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$\Delta S = \frac{60.000 \text{ J}}{300\text{K}}$$

$$\Delta S = 200 \text{ J/k}$$

Contoh Soal

Seorang mahasiswa menambahkan panas ke dalam 0,250 kg es pada 0,0 °C sampai semuanya meleleh. Berapa perubahan entropi air? ($c_{es} = 2100 \text{ J/kg.K}$ dan $L = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$)

Diketahui :

$$m = 0,250 \text{ kg}$$

$$T = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$$

$$C_{es} = 2100 \text{ J/kg.K}$$

$$L = 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}$$

Ditanya :

$$\Delta S = \dots?$$

Jawab :

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$Q = m \times L$$

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

$$\Delta S = \frac{m \cdot L}{T}$$

$$\Delta S = \frac{0,250 \text{ kg} \times 3,34 \cdot 10^5 \text{ J/kg}}{273\text{K}}$$

$$\Delta S = 3,06 \times 10^2 \text{ J/K}$$



ENTROPI

HUKUM TERMODINAMIKA II



Hukum Termodinamika II : Entropi semesta (sistem + lingkungan)

selalu naik pada proses spontan dan tidak berubah pada proses

kesetimbangan

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{ling}}$$

Total Entropi Sistem **tidak berubah**
ketika proses **reversible**

$$\Delta S = 0$$

$$\Delta S = \left(\frac{\Delta Q}{T} \right)$$

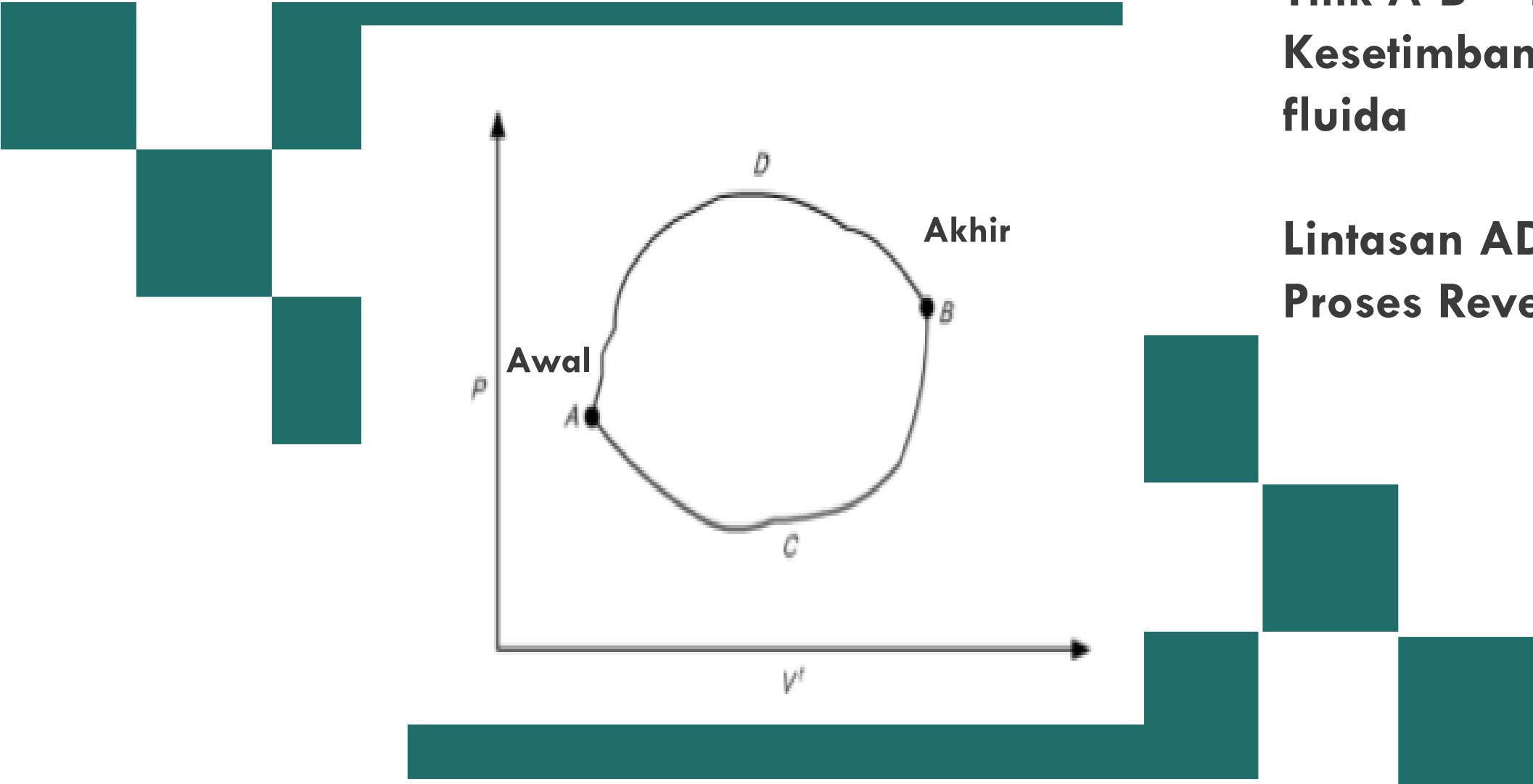
$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{lingkungan}} = 0$$

Total Entropi Sistem **bertambah**
ketika proses **irreversible**

$$\Delta S > 0$$

$$\Delta S > \left(\frac{\Delta Q}{T} \right)$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_{\text{sistem}} + \Delta S_{\text{lingkungan}} > 0$$



Titik A-B = Keadaan Kesetimbangan dari suatu fluida

Lintasan ADB & ACB = 2 Proses Reversible

$$\Delta S^t = \int_{ACB} \frac{dQ_{rev}}{T} \quad \text{dan} \quad \Delta S^t = \int_{ADB} \frac{dQ_{rev}}{T}$$

Kedua integral mestilah sama, $\rightarrow \Delta S^t$ tidak bergantung pada lintasan, tetapi pada keadaan awal dan akhirnya

$$\Delta S = S_{akhir} - S_{awal}$$

$$\Delta S^t = S_B^t - S_A^t$$

Bila fluida berubah dari keadaan A ke keadaan B melalui proses irreversible, secara eksperimen perubahan entropi tidak dapat diperoleh dari integral, tetapi dievaluasi berdasarkan proses irreversible itu sendiri.

Karena perhitungan perubahan entropi dengan menggunakan integral ini, secara umum hanyalah untuk lintasan-lintasan yang reversible.

Entropi adalah fungsi keadaan, yaitu tergantung pada keadaan awal dan akhir bukan pada bagaimana proses terjadinya.

$$\Delta S = S_{\text{akhir}} - S_{\text{awal}}$$

Jika entropi meningkat maka ΔS_{sis} akan positif, sebaliknya jika entropi turun, ΔS_{sis} akan negatif

Total Entropi Sistem **tidak berubah**
ketika proses **reversible**

$$\Delta S = 0$$

$$\begin{aligned}\Delta S &= \left(\frac{Q_2}{T_2}\right) - \left(\frac{Q_1}{T_1}\right) = 0 \\ \left(\frac{Q_2}{T_2}\right) &= \left(\frac{Q_1}{T_1}\right) \\ \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right) &= \left(\frac{T_2}{T_1}\right)\end{aligned}$$

Total Entropi Sistem **bertambah**
ketika proses **irreversible**

$$\Delta S > 0$$

$$\begin{aligned}\Delta S &= \left(\frac{Q_1}{T_1}\right) - \left(\frac{Q_2}{T_2}\right) > 0 \\ \left(\frac{Q_2}{T_2}\right) &> \left(\frac{Q_1}{T_1}\right) \\ \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right) &> \left(\frac{T_2}{T_1}\right)\end{aligned}$$

Contoh Soal

Sebatang aluminium dengan massa 4,00 kg dipanaskan dari suhu 717 °C sampai 962°C. Jika kalor jenis aluminium sebesar 910 J/kg.K, hitunglah perubahan entropinya!

Diketahui :

$$m = 4,00 \text{ kg}$$

$$T_a = 717^\circ\text{C} = 990\text{K}$$

$$T_b = 962^\circ\text{C} = 1235\text{K}$$

$$C = 910 \text{ J/kg.K}$$

Ditanya :

$$\Delta S = \dots?$$

Jawab :

$$\Delta S = S_{akhir} - S_{awal}$$

$$Q = mc\Delta T$$

$$\Delta S^t = S_b^t - S_a^t$$

$$\Delta S^t = \int_a^b \frac{dQ_{rev}}{T}$$

$$\Delta S^t = \int_{T_a}^{T_b} mc \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S^t = m c \ln \frac{T_b}{T_a}$$

$$\Delta S^t = 4,00 \text{ kg} \cdot 910 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot \text{K} \ln \frac{990\text{K}}{1235\text{K}}$$

$$\Delta S^t = 8,05 \times 10^2 \text{ J/K}$$

Contoh Soal

Hitunglah perubahan entropi yang terjadi ketika 2,00 kg air 27,0 °C dicampur dengan 3,00 kg air pada 77,0 °C!

Diketahui :

$$m_1 = 2,00 \text{ kg}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$m_2 = 3 \text{ kg}$$

$$T_2 = 77^\circ\text{C} = 350\text{K}$$

Ditanya :

$$\Delta S = \dots?$$

Jawab :

1) Mencari Suhu Campuran

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{terima}}$$

$$3,00 \cancel{\text{kg}} \cancel{C_{\text{air}}} (350\text{K} - t_c) = 2,00 \cancel{\text{kg}} \cancel{C_{\text{air}}} (t_c - 300\text{K})$$

$$1050\text{K} - 3t_c = 2t_c - 600\text{K}$$

$$5t_c = 1050\text{K} + 600\text{K}$$

$$5t_c = 1605\text{K}$$

$$t_c = 330 \text{ K}$$

Contoh Soal

Hitunglah perubahan entropi yang terjadi ketika 2,00 kg air 27,0 °C dicampur dengan 3,00 kg air pada 77,0 °C!

Diketahui :

$$m_1 = 2,00 \text{ kg}$$

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300\text{K}$$

$$m_2 = 3 \text{ kg}$$

$$T_2 = 77^\circ\text{C} = 350\text{K}$$

Ditanya :

$$\Delta S = \dots?$$

Jawab :

2) Menghitung Perubahan Entropi

$$\Delta S = \text{Sakhir} - \text{Sawal}$$

$$Q = mc\Delta T$$

$$\Delta S = \text{Sterima} - \text{Slepas}$$

$$\Delta S = m_2 C_{air} \ln \frac{t_2}{t_c} - m_1 C_{air} \ln \frac{t_c}{t_1}$$

$$\Delta S = 2,00 \text{ kg} \cdot 4190 \text{ J/kg.K} \ln \left(\frac{350\text{K}}{330\text{K}} \right) - 3 \text{ kg} \cdot 4190 \text{ J/kg.K} \ln \left(\frac{330\text{K}}{300\text{K}} \right)$$

$$\Delta S = 798,70 \frac{\text{J}}{\text{K}} - 739,62 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\Delta S = 59,8 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Perhatikan 2 Reservoir :

$$\Delta S_h^t = \frac{-|Q|}{T_h}$$

ΔS_h^t = Temperatur Lebih Tinggi

$$\Delta S_c^t = \frac{|Q|}{T_c}$$

ΔS_c^t = Temperatur Lebih Rendah



Kedua Perubahan Entropi Dijumlahkan, maka :

$$\Delta S_{total} = \Delta S_h^t + \Delta S_c^t$$

$$\Delta S_{total} = \frac{-|Q|}{T_h} + \frac{|Q|}{T_c} \times T_h T_c$$

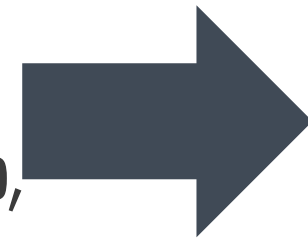
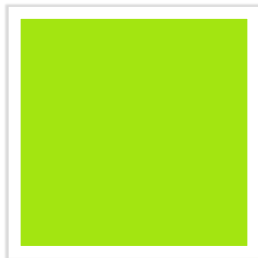
$$\Delta S_{total} = \frac{-|Q|T_c}{T_h T_c} + \frac{|Q|T_h}{T_h T_c}$$

$$\Delta S_{total} = |Q| \left(\frac{T_h - T_c}{T_h T_c} \right)$$

Perubahan Entropi pada Gas Ideal

Untuk satu mol atau satu satuan massa fluida yang menjalani suatu proses mekanik reversible dalam sistem tertutup, hukum pertama termodinamika :

$$dU = dQ_{rev} - PdV$$



Persamaan Entalpi

$$H = U + P + V$$

$$dH = dU + PdV + VdP$$

$$dH = dQ_{rev} - \cancel{PdV} + \cancel{PdV} + VdP$$

$$dH = dQ_{rev} + VdP$$

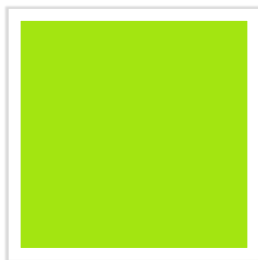
$$dQ_{rev} = dH - VdP$$



Perubahan Entropi pada Gas Ideal

Persamaan Entalpi

$$dQ_{rev} = dH - VdP$$



Untuk Gas Ideal

$$dH = C_p dT$$

$$V = \frac{RT}{P}$$

$$dQ_{rev} = dH - VdP$$

$$dQ_{rev} = C_p dT - \frac{RT}{P}$$



$$\frac{dQ_{rev}}{T} = \frac{C_p dT}{T} - \frac{RdP}{P}$$

$$\frac{dQ_{rev}}{T} = \frac{C_p dT}{T} - \frac{RdP}{P}$$

÷ T

Perubahan Entropi pada Gas Ideal

Entropi

$$S = \left(\frac{Q_{rev}}{T} \right)$$

Untuk Gas Ideal

$$\frac{dQ_{rev}}{T} = \frac{C_p dT}{T} - \frac{RdP}{P}$$

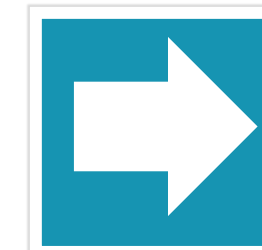
$$dS = \frac{C_p dT}{T} - \frac{RdP}{P}$$

dengan S sebagai entropi molar gas ideal. Integrasi dari keadaan awal T_0 dan P_0 ke keadaan akhir T dan P menghasilkan :

$\div R$

$$\frac{dS}{R} = \frac{C_p dT}{RT} - \frac{dP}{P}$$

$$\frac{dS}{R} = \frac{C_p dT}{RT} - d \ln P$$



$$\frac{dS}{R} = \int_{T_0}^T \frac{C_p dT}{RT} - \ln \frac{P}{P_0}$$

Walaupun diturunkan untuk proses mekanik reversible, persamaan ini ternyata hanya menghubungkan sifat-sifat, dan tidak bergantung pada proses yang menyebabkan perubahan keadaan. Jadi persamaan ini merupakan persamaan umum untuk perhitungan perubahan entropi suatu gas ideal.

Contoh Soal

Mesin Carnot bekerja pada suhu tinggi 550 K, untuk menghasilkan kerja mekanik. Jika mesin melepas kalor 3000 J dengan suhu rendah 375 K. Tentukan perubahan entropi pada reservoir panas, reservoir dingin, dan perubahan entropi total!

Diketahui :

$$T_h = 550 \text{ K}$$

$$Q_c = 3000 \text{ J}$$

$$T_c = 375 \text{ K}$$

Ditanya :

$$\Delta S_h = \dots?$$

$$\Delta S_c = \dots?$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \dots?$$

Jawab :

1) Mencari Kalor Serap

$$\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right) = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)$$

$$\left(\frac{Q_h}{Q_c}\right) = \left(\frac{T_h}{T_c}\right)$$

$$\left(\frac{Q_h}{Q_c}\right) = \left(\frac{T_h}{T_c}\right)$$

$$Q_h = \left(\frac{T_h}{T_c}\right) \times Q_c$$

$$Q_h = \left(\frac{550\text{K}}{375\text{K}}\right) \times 3000\text{J}$$

$$Q_h = 4400\text{J}$$

Contoh Soal

Mesin Carnot bekerja pada suhu tinggi 550 K, untuk menghasilkan kerja mekanik. Jika mesin melepas kalor 3000 J dengan suhu rendah 375 K. Tentukan perubahan entropi pada reservoir panas, reservoir dingin, dan perubahan entropi total!

Diketahui :

$$T_h = 550 \text{ K}$$

$$Q_c = 3000 \text{ J}$$

$$T_c = 375 \text{ K}$$

Ditanya :

$$\Delta S_h = \dots?$$

$$\Delta S_c = \dots?$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \dots?$$

Jawab :

2) Menentukan Entropi Pada Reservoir Panas

$$\Delta S_h^t = \frac{-|Q_h|}{T_h}$$

$$\Delta S_h^t = \frac{-4400 \text{ J}}{550 \text{ K}}$$

$$\Delta S_h^t = -8 \text{ J/K}$$

3) Menentukan Entropi Pada Reservoir Dingin

$$\Delta S_c^t = \frac{|Q_c|}{T_c}$$

$$\Delta S_c^t = \frac{3000 \text{ J}}{375 \text{ K}}$$

$$\Delta S_c^t = 8 \text{ J/K}$$

Contoh Soal

Mesin Carnot bekerja pada suhu tinggi 550 K, untuk menghasilkan kerja mekanik. Jika mesin melepas kalor 3000 J dengan suhu rendah 375 K. Tentukan perubahan entropi pada reservoir panas, reservoir dingin, dan perubahan entropi total!

Diketahui :

$$T_h = 550 \text{ K}$$

$$Q_c = 3000 \text{ J}$$

$$T_c = 375 \text{ K}$$

Ditanya :

$$\Delta S_h = \dots?$$

$$\Delta S_c = \dots?$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \dots?$$

Jawab :

4) Menentukan Entropi Total

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_h^t + \Delta S_c^t$$

$$\Delta S_{\text{total}} = -8 \text{ J/K} + 8 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{total}} = 0 \text{ J/K}$$

Hubungan Dengan Usaha

$$|W| = |Q_h| - |Q_c|$$

$$|Q_c| = |Q_h| - |W|$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \Delta S_h^t + \Delta S_c^t$$

$$\Delta S_{\text{total}} = \frac{-|Q_h|}{T_h} + \frac{|Q_c|}{T_c} \times T_c$$

$$\Delta S_{\text{total}} T_c = \frac{-|Q_h|T_c}{T_h} + |Q_c|$$

$$\Delta S_{\text{total}} T_c = \frac{-|Q_h|T_c}{T_h} + |Q_h| - |W|$$

$$\Delta S_{\text{total}} T_c + |W| = \frac{-|Q_h|T_c}{T_h} + |Q_h|$$

$$\Delta S_{\text{total}} T_c + |W| = |Q_h| \left(1 - \frac{T_c}{T_h}\right)$$

$$|W| = |Q_h| \left(1 - \frac{T_c}{T_h}\right) - \Delta S_{\text{total}} T_c$$

Thank you!

