

A. Pertanyaan

$$\textcircled{1} \text{ Usaha} = W = \int P dV$$

$W = \text{luas dibawah kurva}$

Dari grafik dapat kita lihat bahwa,

$$L = \text{luas}, \quad L_{\text{proses 2}} > L_{\text{proses 1}} > L_{\text{proses 3}} > L_{\text{proses 4}}$$

jadi, Urutan usaha terbesarnya,

$$W_2 > W_1 > W_3 > W_4 \quad \text{atau} \quad 2, 1, 3, 4$$

2) Energi dalam

$$\Delta E_{\text{dalam}} = \frac{3}{2} n R \Delta T$$

$$\text{atau} \quad \Delta E_{\text{dalam}} = \frac{3}{2} P \Delta V$$

↓  
luas

$$\text{kena} \quad P \Delta V = n R \Delta T$$

kena  $\Delta V \rightarrow \text{positif}$ , sehingga  $\Delta E_{\text{dalam}} \rightarrow \text{bertambah}$ .  
↓  
(+)

2) proses yang terbesarnya  $\Delta E_2 > \Delta E_1 > \Delta E_3 > \Delta E_4$   
↓  
 $\Delta E_{\text{dalam}}$

yang terbesar  $\Delta E_{\text{dalam}}$  adalah proses 2.

$$Q = \Delta E_{\text{dalam}} + W \rightarrow \text{sehingga} \quad Q (+) \rightarrow \text{Sistem menerima Kalor}$$

↓                      ↓  
(+)                      (+)

② Proses  $A \rightarrow B$  Sistem melakukan ekspansi ( $W > 0$ ) dan karena  $\Delta E_{int} > 0$  maka

$$Q = W + \Delta E_{int} \text{ juga positif}$$

a)  $Q > 0$

b)  $W > 0$

(c) proses  $B \rightarrow C$  Volum sistem konstan ( $W = 0$ )  
maka  $W = 0$

(d) tanda  $\Delta E_{int}$  sama dengan tanda  $Q$  yang sudah diketahui positif, maka  $\Delta E_{int} > 0$

(e) Proses  $C \rightarrow A$ , Volume sistem mengecil ( $W < 0$ ).  $\Delta E_{int} = 0$  sebab  $\sum \Delta E_{int} = 0$  (untuk satu siklus). Sehingga  $Q = W + \Delta E_{int}$  haruslah negatif

jadi  $Q < 0$

(f)  $W < 0$

(g)  $\Delta E_{int} < 0$

③ Laju perpindahan energi oleh konduksi dalam batang adalah

$$P = \frac{Q}{t} = k A \left( \frac{T_h - T_c}{L} \right)$$

Dalam soal ini, batang identik,  $L_1 = L_2 = L$

• Untuk Susunan 1 : laju panas nya :

$$\frac{Q}{t} = k A \left( \frac{T_h - T_c}{L} \right)$$

3) Untuk Susunan 2

$$\frac{Q}{t} = kA \left( \frac{T_h - T_c}{2L} \right)$$

Sehingga Perbandingan Susunan 1 dan Susunan 2 adalah :

$$\frac{\frac{Q_1}{t} = kA \left( \frac{T_h - T_c}{L} \right)}{\frac{Q_2}{t} = kA \left( \frac{T_h - T_c}{2L} \right)}$$

$$\frac{\text{Laju panas 1}}{\text{Laju panas 2}} = \frac{1}{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{\text{Laju panas 1}}{\text{Laju panas 2}} = \frac{2}{1}$$

4) Sistem pada soal terdiri dari sebuah reservoir yang panas dan sebuah reservoir yang dingin berada dalam kontak termal satu sama lain dan terisolasi dari alam semesta. Sebuah proses terjadi, dimana energi  $Q$  berupa kalor dipindahkan dari reservoir panas pada suhu  $T_h$  ke reservoir dingin pada suhu  $T_c$ . Proses tersebut ireversibel sehingga kita harus mencari proses reversibel yang ekuivalen dengan nya.

Mari kita asumsikan benda tersebut terhubung dengan suatu konduktor termal yg buruk, yang rentang suhunya dari  $T_c$  sampai  $T_h$ . Konduktor ini memindahkan energi secara perlahan dan keadaannya tidak berubah selama proses berlangsung. Dengan asumsi ini, perpindahan energi ke atau dari masing-masing benda bersifat reversibel dan dapat kita tentukan bahwa  $Q = Q_{\text{reversibel}}$

④ Oleh karena reservoir dingin menyerap energi sebesar  $Q$ , entropinya meningkat sebesar  $\frac{Q}{T_c}$ . Pada saat yang sama reservoir panas kehilangan energi  $Q$

Sehingga perubahan entropinya adalah  $-\frac{Q}{T_h}$ .

oleh karena  $T_h > T_c$  kenaikan entropi pada reservoir dingin lebih besar dari pada penurunan entropi pada reservoir panas.

oleh karena itu, perubahan entropi sistem (dan alam semesta) lebih besar dari nol,

$$\Delta S_{\text{semesta}} = \frac{Q}{T_c} + \frac{-Q}{T_h} > 0$$

Jadi proses ini adalah irreversibel (tidak dapat dibalik),

reversibel terjadi saat  $\Delta S_{\text{semesta}} = 0$

⑤ Setiap mesin menggunakan jumlah energi yang sama per siklus dari reservoir ber temperatur tinggi.

Efisiensi mesin karnot:

$$Q = mc\Delta T$$

$$(a) \quad \varepsilon = \frac{W}{Q_H} = \frac{Q_H - Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{Q_L}{Q_H}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{T_L}{T_H}$$

$$\varepsilon = 1 - \frac{400}{500} = 0,2 \times 100\% = 20\%$$

$$(b) \quad \varepsilon = 1 - \frac{\infty}{\infty} = 16,7\%$$

$$c) \quad \varepsilon = 1 - \frac{400}{600} = 33,3\%$$

Jadi urutannya adalah: C, a, b

## B. SOAL

Dibuat oleh : Wawan K

① Proses ekspansi isobar,

$$Q = +12,5 \text{ kJ}$$

$$W = \int p dV$$

$$= p \Delta V$$

$$= 250 \times 10^3 (3-1)$$

$$W = 5 \text{ kJ}$$

a) Perubahan energi dalam

$$\Delta E_{\text{int}} = Q - W$$

$$= 12,5 \text{ kJ} - 5 \text{ kJ}$$

$$\Delta E_{\text{int}} = 7,5 \text{ kJ}$$

b)  $\Delta E_{\text{int}} = \frac{3}{2} n R \Delta T$

$$\Delta E_{\text{int}} = \frac{3}{2} n R (T_f - T_i)$$

kita cari mol terlebih dahulu,

$$pV = nRT$$

$$n = \frac{p_i V_i}{R T_i} = \frac{2500(1)}{8,314(300)} = 1,002 \text{ mol}$$

$$n = 1 \text{ mol}$$



① b)

$$\Delta E_{\text{int}} = \frac{3}{2} n R (T_f - T_i)$$

$$\frac{2}{3} \frac{\Delta E_{\text{int}}}{R} = T_f - T_i$$

$$T_f = T_i + \frac{2 \Delta E_{\text{int}}}{3 R}$$

$$= 300 + \frac{2 (7500)}{3 (8,314)}$$

$$= 901,39$$

$$T_f = 901 \text{ K}$$

BERFISIKA.COM

②

a)  $W = P \Delta V$

$$W = 100 \cdot 10^3 (V_f - V_i)$$

$V_i = \text{Volume air}$

$V_f = \text{Volume uap}$

$$P_i V_i = n R T_i$$

$$V_i = \frac{n R T_i}{P_i} = \frac{\frac{m}{M} \cdot 8,314 (100 + 273)}{100 \cdot 10^3}$$

$$V_i = \frac{\frac{20}{18} \times 8,314 \times 373}{100 \cdot 10^3}$$

$$V_i = 0,034 \text{ m}^3$$

$$V_i = 0,034 \text{ m}^3$$

$$V_f = 120 \text{ dm}^3$$

$$V_f = 0,120 \text{ m}^3$$

Sehingga :  $W = 10^5 (0,120 - 0,034)$

$$W = 8,6 \text{ kJ}$$

② b) Kalor yang diserap air ketika mendidih

$$Q = mL$$
$$= 20 \cdot 10^3 \cdot 2,26 \times 10^6$$

$$Q = 45,2 \text{ kJ}$$

c)  $\Delta E_{\text{int}} = Q - W$

$$= 45,2 \text{ kJ} - 8,6 \text{ kJ}$$

$$\Delta E_{\text{int}} = 36,6 \text{ kJ}$$

③ Untuk sebuah kulit silinder dengan jari-jari  $r$ , tinggi  $L$ , ketebalan  $dr$ , persamaan konduksi termalnya,

$$\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad \text{menjadi} \quad \frac{dQ}{dt} = -k(2\pi rL) \frac{dT}{dr}$$

dibawah kondisi kesetimbangan,  $\frac{dQ}{dt}$  adalah konstan, sehingga:

$$dT = - \frac{dQ}{dt} \left( \frac{1}{2\pi kL} \right) \left( \frac{dr}{r} \right)$$
$$\int dT = - \frac{dQ}{dt} \left( \frac{1}{2\pi kL} \right) \int_a^b \frac{dr}{r}$$
$$T_b - T_a = - \frac{dQ}{dt} \left( \frac{1}{2\pi kL} \right) \ln \left( \frac{b}{a} \right)$$

namun  $T_a > T_b$ , maka

$$\frac{dQ}{dt} = \frac{2\pi kL (T_a - T_b)}{\ln(b/a)}$$

④ a) proses  $A \rightarrow B$  adalah ekspansi, sehingga  $W > 0$ .

$$\text{Sehingga } W_{ab} = +5 \text{ J}$$

.) Perubahan energi dalam  $+3 \text{ J}$ , maka berdasarkan hukum ke 1 termodinamika,

$$Q_{ab} = \Delta E_{int} + W_{ab}$$

$$Q_{ab} = +3 \text{ J} + 5 \text{ J}$$

$$Q_{ab} = +8 \text{ J}$$

Jadi energi ditransfer sebagai panas sebesar  $Q_{ab} = +8 \text{ J}$

b) Usaha neto  $(+1,2 \text{ J}) = \text{kalor neto } (Q_{ab} + Q_{bc} + Q_{ca})$

$$1,2 = +8 + Q_{bc} + 2,5 \text{ J}$$

$$Q_{bc} = 1,2 - 8 - 2,5 = -9,3 \text{ J}$$

⑤ a)  $PV = nRT$

$$V = \frac{nRT}{P} = \frac{0,2 \times 8,314 (300)}{1,01 \times 10^5}$$

$$V = 4,9 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

b)  $V_2 = 0,1 V_0$

$$= 0,1 \times 0,025$$

$$V_2 = 2,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$P_2 = 8 \text{ atm} = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = \frac{8 \times 10^5 (2,5 \times 10^{-3})}{0,2 \times 8,314}$$

$$T_2 = 1200 \text{ K}$$



5) c)  $Q = +8000 \text{ J}$

$$P_{\text{tetap}} = 8 \text{ atm} = 8 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$T_f = 2000 \text{ K}$$

$$Q = n C_p \Delta T$$

$$8000 = 0,2 C_p (2000 - 1200)$$

$$C_p = 50 \text{ J/mol}\cdot\text{K}$$

d)  $V_f = \frac{n R T_f}{P_f}$

$$= \frac{0,2 \times 8,314 \times 2000}{8 \times 10^5}$$

$$= 0,4157 \times 10^{-2}$$

$$V_f = 4,2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

e)  $W = P \Delta V$

$$= 8 \times 10^5 (4,2 \times 10^{-3} - 2,5 \times 10^{-3})$$

$$= 13,6 \times 10^2 \text{ J}$$

$$W = 1,36 \text{ kJ}$$

f)  $\Delta E_{\text{int}} = Q - W$

$$= 8000 - 1360$$

$$\Delta E_{\text{int}} = 6,64 \times 10^3 \text{ J}$$

6

$$W = W_{AB} + W_{BC} + W_{CD} + W_{DA}$$

$$W = \int_A^B P dV + \int_B^C P dV + \int_C^D P dV + \int_D^A P dV$$

$$W = nRT_1 \int_A^B \frac{dV}{V} + P_2 \int_B^C dV + nRT_2 \int_C^D \frac{dV}{V} + P_1 \int_D^A dV$$

$$W = nRT_1 \ln \left( \frac{V_B}{V_1} \right) + P_2 (V_C - V_B) + nRT_2 \ln \left( \frac{V_2}{V_C} \right) + P_1 (V_A - V_D)$$

Sekarang kita ketahui, dari Isotermal (CD dan AB)

$P_1 V_A = P_2 V_B$  dan  $P_2 V_C = P_1 V_D$ , sehingga suku logaritma yg tidak hilang.

Juga,  $\frac{V_B}{V_1} = \frac{P_1}{P_2}$  dan

$$\frac{V_2}{V_C} = \frac{P_2}{P_1}$$

maka :

$$\begin{aligned} \Sigma W &= nRT_1 \ln \left( \frac{P_1}{P_2} \right) + nRT_2 \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right) + \underbrace{P_2 V_C - P_2 V_B + P_1 V_A - P_1 V_D}_0 \\ &= -nRT_1 \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right) + nRT_2 \ln \left( \frac{P_2}{P_1} \right) \end{aligned}$$

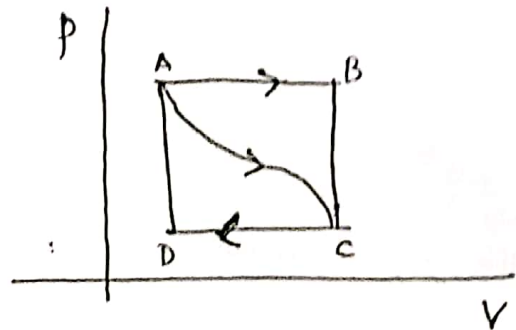
$$\Sigma W = nR (T_2 - T_1) \ln \frac{P_2}{P_1}, \text{ oleh karena}$$

$$P_1 V_2 = nRT_2 \text{ dan } P_1 V_1 = nRT_1$$

Sehingga :

$$\Sigma W = P_1 (V_2 - V_1) \ln \frac{P_2}{P_1}$$

⑦  $\Delta E_{\text{int}, ABC} = \Delta E_{\text{int}, AC}$  (konservasi energi)



a)  $\Delta E_{\text{int}, ABC} = Q_{ABC} - W_{ABC}$  (Hukum ke 1 termodinamika)

$$Q_{ABC} = 800 \text{ J} + 500 \text{ J} = 1300 \text{ J}$$

b)  $W_{CD} = -P_C \Delta V_{CD}$ ,  $\Delta V_{AB} = -\Delta V_{CD}$  dan  $P_A = 5 P_C$

kemudian,

$$W_{CD} = \frac{1}{5} P_A \Delta V_{AB} = +\frac{1}{5} W_{AB} = \frac{1}{5} (500) = 100 \text{ J}$$

tanda (+) artinya usaha dilakukan oleh sistem

c)  $W_{CDA} = W_{CD}$  sehingga

$$Q_{CA} = \Delta E_{\text{int}, CA} + W_{CDA}$$

$$= -800 \text{ J} - 100 \text{ J}$$

$$Q_{CA} = -900 \text{ J}$$

(tanda (-), berarti energi harus dilepas dari sistem berupa panas (kalor))

d)  $\Delta E_{\text{int}, CD} = \Delta E_{\text{int}, CDA} - \Delta E_{\text{int}, DA} = -800 \text{ J} - 500 \text{ J} = -1300 \text{ J}$

dan  $Q_{CD} = \Delta E_{\text{int}, CD} + W_{CD} = -1300 \text{ J} - 100 \text{ J} = -1400 \text{ J}$

8

$$W_{if} = - \int_i^f P dV$$

Usaha yang dilakukan pada gas, adalah negatif dari luas grafik  $P = \alpha V^2$  antara  $V_i$  dan  $V_f$ .

$$W_{if} = - \int_i^f \alpha V^2 dV = -\frac{1}{3} \alpha (V_f^3 - V_i^3)$$

$$V_f = 2V_i = 2(1,0 \text{ m}^3) = 2 \text{ m}^3$$

$$W_{if} = -\frac{1}{3} \left[ (5 \text{ atm/m}^6 \times 1,013 \times 10^5 \text{ Pa/atm}) [2^3 + 1^3] \right]$$

$$W_{if} = -1,18 \text{ MJ}$$

9

$$\Delta S = \frac{Q}{T} = \frac{mL_{\text{lebur}} + mc \Delta T + mL_{\text{vap}}}{T}$$

$$= \frac{1 \times 336 \times 10^3 + 1 \times 4200 \times 100 + 1 \times 2260 \times 10^3}{T}$$

$$\Delta S = 8000 \text{ J/K}$$

10

Perubahan entropi total sistem besi dan air adalah:

$$\Delta S = \Delta S_{\text{besi}} + \Delta S_{\text{air}}$$

(10)

$$\Delta S_{\text{besi}} = \int \frac{dQ}{T}$$

$$= m_b c_b \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S_{\text{besi}} = m_b c_b \ln \frac{T_f}{T_i}$$

Kita mencari  $T_f$  terlebih dahulu, sesuai kekekalan energi

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

$$m_b c_b (T_{bi} - T_f) = m_a c_a (T_f - T_{ai})$$

$$T_f = \frac{m_b c_b T_{bi} + m_a c_a T_{ai}}{m_b c_b + m_a c_a}$$

$$T_f = \frac{1 \times 0,46 \times 10^3 (200) + 4 (4200) (10)}{1 \times 0,46 \times 10^3 + 4 (4200)}$$

$$T_f = \frac{92000 + 168.000}{460 + 16800}$$

$$T_f = \frac{260.000}{17260}$$

$$T_f = 15^\circ \text{C} + 273 = 288 \text{ K}$$



(10) sehingga

$$\Delta S_{\text{besi}} = m b c_b \ln \frac{T_f}{T_i}$$

$$= 1 (460) \ln \left( \frac{288}{473} \right)$$

$$\Delta S_{\text{besi}} = -228,2 \text{ J/K}$$

Perubahan entropi air

$$\Delta S_{\text{air}} = \int \frac{dQ}{T} = m_a c_a \int_{T_i}^{T_f} \frac{dT}{T}$$

$$\Delta S_{\text{air}} = m_a c_a \ln \left( \frac{T_f}{T_{ai}} \right)$$

$$= 4 (4200) \ln \left( \frac{288}{283} \right)$$

$$\Delta S_{\text{air}} = 294,2 \text{ J/K}$$

Sehingga, Perubahan entropi total sistem (besi dan air) adalah

$$\Delta S_{\text{sistem air-besi}} = \Delta S_{\text{besi}} + \Delta S_{\text{air}}$$

$$= -228,2 \text{ J/K} + 294,2 \text{ J/K}$$

$$\Delta S_{\text{total}} = 66 \text{ J/K}$$

Selamat  
belajar