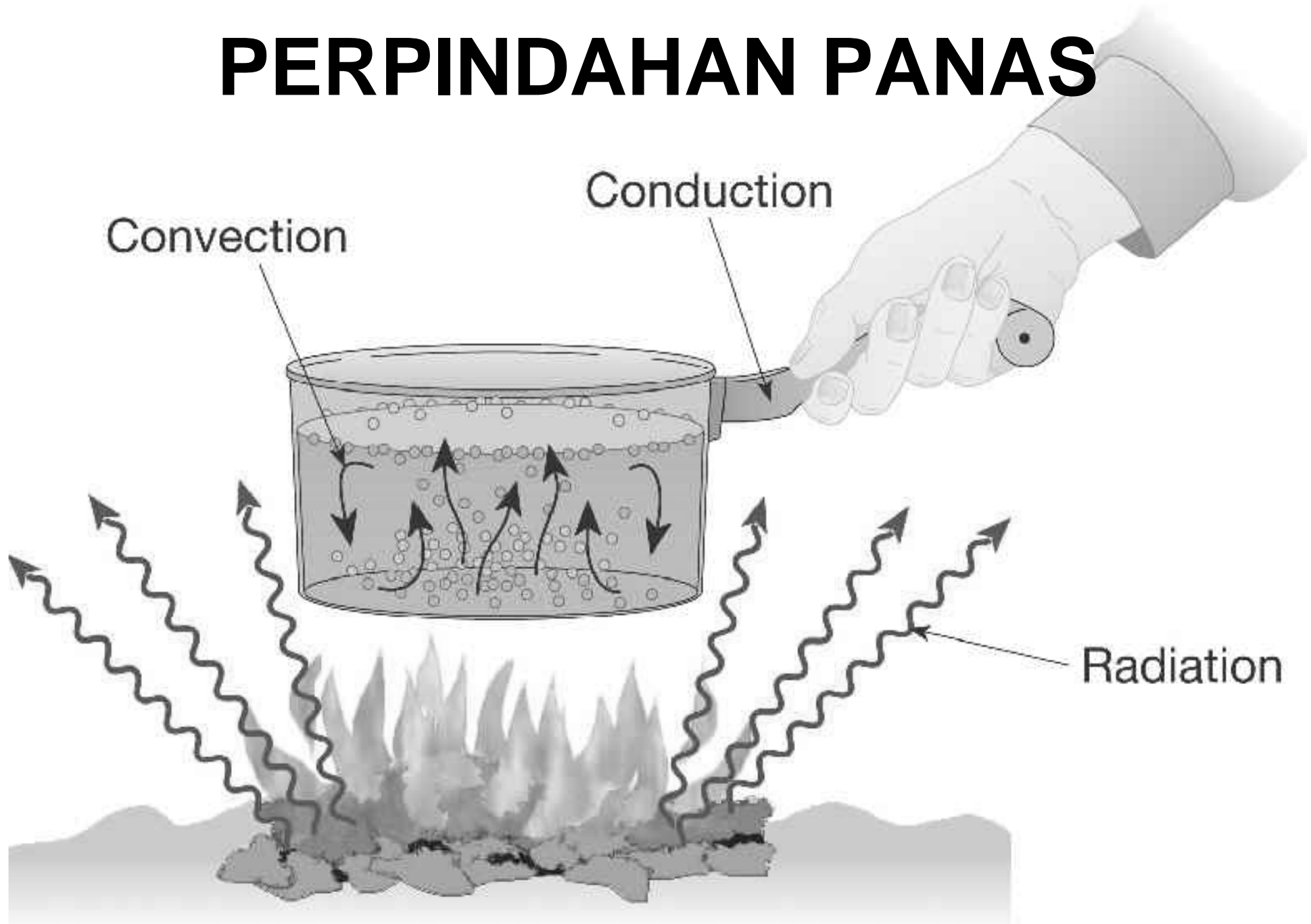


PERPINDAHAN PANAS



Soal 1

- Suhu pada satu sisi dinding gabus setebal 10 cm sebesar -12°C dan pada sisi lainnya 21°C . Konduktivitas termal pada rentang suhu ini $0,042 \text{ J m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Hitung laju perpindahan panas melalui dinding seluas 1 m^2
- $t_1 = 21^{\circ}\text{C}$ $t_2 = -12^{\circ}\text{C}$
- $A = 1, k = 0,042, x = 0,1\text{m}$
- Ditanya: $q?$
- $q = k A \Delta t/x$
- $\Delta t = 33^{\circ}\text{C}$ $q = \frac{0,042}{0,1} \times 1 \times 33 = 13,9 \text{ Js}^{-1}$

Soal 2

- Dinding suatu *cold store* tersusun atas 11 cm bata (luar), 7,5 cm beton & 10 cm gabus (dalam). Suhu dinding terluar 18°C & dalam ruang -18°C .

Hitung laju perpindahan panas melalui dinding.

Tentukan juga suhu antara beton & gabus.

(k bata 0,69; beton 0,76; gabus 0,043 J/m.s. $^{\circ}\text{C}$)

- Diketahui: x , k , t_{luar} , t_{dalam} , A

- Ditanyakan: q dan t_{antara}

$$q = U A \Delta t$$

$$1/U = x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3$$

- Bata $x_1/k_1 = 0,11/0,69 = 0,16$

- Beton $x_2/k_2 = 0,075/0,76 = 0,10$

- Gabus $x_3/k_3 = 0,10/0,043 = 2,33$

$$1/U = x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3 = 2,6$$

$$U = 0,38 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$t = 18 - (-18) = 36^\circ\text{C}$$

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$q = U A \Delta t$$

$$= 0,38 \times 1 \times 36 = 13,7 \text{ J s}^{-1}$$

- Dinding gabus,

$$q = A_3 \Delta t_3 k_3 / x_3$$

$$13,7 = 1 \times \Delta t_3 \times 1/2,33$$

$$\Delta t_3 = 32^\circ\text{C}$$

Δt_3 adalah beda suhu permukaan gabus/beton dg. suhu gabus bagian dalam *cold store*.

$$t - (-18) = 32; \quad t = 14^\circ\text{C}$$

- t adalah suhu di permukaan gabus/beton.

Soal 3

- Dinding oven dibuat dari bata insulasi setebal 10 cm dengan konduktivitas termal $0,22 \text{ J m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Antar dinding bata diperkuat dengan baja sebesar 1% dari total luas area melintang dinding. Konduktivitas termal baja $45 \text{ J m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. Hitung
 - (a) Proporsi relatif panas total yang dipindahkan melalui bata dan baja
 - (b) *Heat loss* per m^2 dinding oven jika suhu di bagian dalam 230°C & di bagian luar 25°C .

(a) q melalui area seluas 1 m^2

- Bata
$$q_b = \frac{A_b \cdot \Delta t \cdot k_b}{x} = \frac{0,99 \times (230 - 25) \times 0,22}{0,10} = 446 \text{ J / s}$$

- Baja
$$q_s = \frac{A_s \cdot \Delta t \cdot k_s}{x} = \frac{0,01 \times (230 - 25) \times 45}{0,10} = 923 \text{ J / s}$$

- Rasio (proporsi) $q_b/q_s = 0,48$

- Persentase panas dibawa oleh baja

$$= 1/1,48 \times 100 \rightarrow = 923/(923 + 446) \times 100\%$$

$$= 67\%$$

(b) *Total heat loss*

$$\begin{aligned} q &= q_b + q_s \text{ per m}^2 \text{ dinding} \\ &= 446 + 923 = 1369 \text{ J s}^{-1} \end{aligned}$$

Soal 4

- Larutan gula dipanaskan dalam tangki stainless steel setebal 1,6 mm dengan jaket pemanas. Koefisien transfer permukaan untuk steam 12000 J/m²s°C dan untuk larutan gula 3000 J/m²s°C. Konduktivitas termal bahan tangki 21 J / ms°C. Steam yang digunakan bersuhu 134°C dengan panas laten 2164 kJ/kg (*ekuivalen dg tekanan 200 kPa gauge*). Suhu larutan gula 83°C.
- Berapa jumlah (massa) steam yang dibutuhkan per detik bila luas permukaan transfer 1,4 m²?

- Stainless steel $x/k = 0,0016/21$
 $= 7,6 \times 10^{-5}$

$\Delta t = (\text{suhu steam terkondensasi}) - (\text{suhu larutan gula})$

$$= 134 - 83 = 51^\circ\text{C}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{12.000} + 7,6 \times 10^{-5} + \frac{1}{3000}$$

$$U = 2032 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$q = U.A. \Delta t$$

$$= 2032 \times 1,4 \times 51$$

$$= 1,45 \times 10^5 \text{ Js}^{-1}$$

- Massa steam yang dibutuhkan per second
 = panas dipindahkan per second / panas laten dari steam
 $= 1,45 \times 10^5 / (2,164 \times 10^6) = 0,067 \text{ kg s}^{-1}$

Soal 5

- Air bersuhu 24°C mengalir dengan kecepatan 0,3 m/s melewati sosis diameter 7,5 cm, suhu 74°C. (\Rightarrow *pendinginan paksa di luar tabung*)
Hitung koefisien perpindahan panas konveksi.
Diketahui c_p air pada 49°C = 4,186 kJ/kg

Jawab:

- $(Nu) = (h_c D / k) \Rightarrow h_c = k/D * (Nu)$
- $h_c = k/D \times (0,26 \times (Re)^{0.6} (Pr)^{0.3})$ atau $(Nu) = 0,86 (Re)^{0,43} (Pr)^{0,3?}$
- $(Re) = (D \cdot v \cdot \rho / \mu)$
- $(Pr) = (c_p \mu / k)$

- Suhu film rata-rata = 49°C
- Sifat-sifat air pada 49°C (dari tabel):

$$c_p = 4,186 \text{ kJ kg}^{-1}$$

$$k = 0,64 \text{ kJ m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\mu = 5,6 \times 10^{-4} \text{ Nsm}^{-2}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$$

APPENDIX 6

SOME PROPERTIES OF AIR AND OF WATER

Temperature (°C)	Thermal conductivity (J m ⁻¹ s ⁻¹ °C ⁻¹)	Viscosity (N s m ⁻²)	Specific heat (kJ kg ⁻¹ °C ⁻¹)	Density (kg m ⁻³)
<u>AIR</u>				
-73	0.0189	1.36 x 10 ⁻⁵	0.996	1.76
-18	0.0230	1.65 x 10 ⁻⁵	1.00	1.38
0	0.0242	1.73 x 10 ⁻⁵	1.005	1.29
38	0.0267	1.91 x 10 ⁻⁵	1.005	1.14
<u>WATER</u>				
38	0.62	0.68 x 10 ⁻³	4.19	992
66	0.66	0.43 x 10 ⁻³	4.19	977

$$\begin{aligned}(Re) &= (D.v.\rho / \mu) \\ &= (0,075 \times 0,3 \times 1000) / (5,6 \times 10^{-4}) \\ &= 4,02 \times 10^4\end{aligned}$$

$$(Re)^{0.6} = 580$$

$$\begin{aligned}(Pr) &= (c_p \mu / k) \\ &= (4186 \times 5,6 \times 10^{-4}) / 0,64 \\ &= 3,66\end{aligned}$$

$$(Pr)^{0.3} = 1,48$$

$$\begin{aligned}(Nu) &= (h_c D / k) \\ &= 0,26 (Re)^{0.6} (Pr)^{0.3}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}h_c &= k/D \times 0,26 \times (Re)^{0.6} (Pr)^{0.3} \\ &= 1904 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}\end{aligned}$$

Soal 6

Puree sayuran mengalir dengan kecepatan 3 m / menit pada sebuah plat dengan panjang 0,9 m & lebar 0,6 m. Pemanasan dilakukan dengan steam di satu sisi plat dan permukaan plat yang kontak dengan puree bersuhu 104°C.

Hitung koefisien perpindahan panas permukaan, dengan asumsi puree tersebut memiliki densitas 1040 kg/m³, panas spesifik 3980 J/(kg.°C), viskositas 0,002 N s m⁻² dan konduktivitas termal 0,52 J/m s °C.

$$\begin{aligned}(Re) &= (Lv\rho / \mu) \\ &= (0,9 \times (3/60) \times 1040) / (2 \times 10^{-3}) \\ &= 2,34 \times 10^4 > 20.000\end{aligned}$$

$$(h_c L/k) = 0,036 (Re)^{0.8} (Pr)^{0.33}$$

$$\begin{aligned}Pr &= (c_p \mu / k) \\ &= (3980 \times 2 \times 10^{-3}) / 0,52 \\ &= 15,3\end{aligned}$$

$$(h_c L/k) = 0,036 (2,34 \times 10^4)^{0.8} (15,3)^{0.33}$$

$$\begin{aligned}h_c &= (0,52 \times 0,036) (3,13 \times 10^3) (2,46) / 0,9 \\ &= 160 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}\end{aligned}$$

Soal 7

- Sebuah tangki pemasak berbentuk silinder vertikal dengan diameter 0,9 m & tinggi 1,2 m. Bagian luar dari tangki bersuhu 49°C dan suhu udara 17°C . Aliran udara bergerak dengan kecepatan 61 m per menit.

Hitung laju kehilangan panas dari tangki masak tersebut.

Asumsikan tangki ekuivalen dengan permukaan datar

$$h_c = 5,7 + 3,9v$$

$$= 5,7 + (3,9 \times 61/60)$$

$$= 9,7 \text{ J m}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$q = 9,7 \times 3,4 \times 32 = 1055 \text{ Js}^{-1}$$

Soal 8

- Hitung pindah panas radiasi ke dalam roti dari oven dengan suhu seragam 177°C , jika emisivitas permukaan roti 0,85. Luas area total dan suhu roti berturut-turut $0,0645 \text{ m}^2$ dan 100°C .

Metode I: $q = A \varepsilon \sigma (T_1^4 - T_2^4)$

$$= 0,0645 \times 0,85 \times 5,73 \times 10^{-8} (450^4 - 373^4)$$

$$= 68 \text{ J s}^{-1}$$

Metode II:

$$q = 0.23 \varepsilon \left(\frac{T_m}{100} \right)^3 \times A \times (T_1 - T_2)$$

$$= 0,23 \times 0,85 (411/100)^3 \times 0,0645 \times 77$$

$$= 67,4 \text{ J s}^{-1}$$

