

# CONTOH SOAL 1:

- Udara mengalir di atas pelat dengan kecepatan aliran bebas 5 m/s. Suhu pelat adalah 100 °C dan suhu udara adalah 20 °C. Panjang pelat ke arah aliran adalah 0,34 m. Tentukan koefisien perpindahan panas konveksinya?
  - Penyelesaian:

Untuk menghitung koefisien panas konveksi, kita dapat menggunakan persamaan di bawah ini:

$$\bar{h} = 0.664 \times \frac{k}{L} Re_L^{0.5} Pr^{0.333}$$

Dimana:

- $k$  = Konduktivitas termal (W/mK)
- $L$  = Panjang pelat (m)
- $Re$  = Bilangan Reynold
- $Pr$  = Bilangan Prandtl

Terlebih dahulu, kita akan menghitung nilai bilangan Reynold untuk fluida (udara) yang mengalir diatas pelat tersebut:

Kita bisa menggunakan rumus:

- $Re = (V \cdot L) / \mu$
- Dimana:  $v$  = Kecepatan fluida (m/s),
- $L$  = Panjang pelat (m), dan
- $\mu$  = Viskositas Kinematis ( $m^2/s$ )
- *Nilai-nilai seperti  $k$ ,  $\mu$  dan  $Pr$  diperoleh berdasarkan temperatur film yang merupakan rata-rata dari temperatur pelat dan temperatur udara yakni  $(100 + 20)/2 = 60 ^\circ C$ .*

- Nilai tersebut dapat dibaca pada Tabel di bawah ini, dimana pada temperatur 60 °C diperoleh nilai,  $k = 29,66 \times 10^{-3}$ ,  $\mu = 18,97 \times 10^{-6}$ , dan  $Pr = 0,696$ .

**Property Values of Dry Air at One Atm. Pressure**

<i>Temp- erature</i> <i>t</i> °C	<i>Density</i> <i>kg/m³</i>	<i>Coefficient of Viscosity</i> $\mu \times 10^6$ <i>Ns/m²/s</i>	<i>Kinematic Viscosity</i> $v \times 10^6$ <i>m²/s</i>	<i>Thermal Diffusivity</i> $\alpha \times 10^6$ <i>m²/s</i>	<i>Prandtl Number</i> <i>Pr</i>	<i>Specific Heat</i> <i>c</i> <i>J/kgK</i>	<i>Thermal Conduc- tivity</i> <i>k</i> <i>W/mK</i>
-50	1.584	14.61	9.23	12.644	0.728	1013	0.02035
-40	1.515	15.20	10.04	13.778	0.728	1013	0.02117
-30	1.453	15.69	10.80	14.917	0.723	1013	0.02198
-20	1.395	16.18	11.61	16.194	0.716	1009	0.02279
-10	1.342	16.67	12.43	17.444	0.712	1009	0.02361
0	1.293	17.16	13.28	18.806	0.707	1005	0.02442
10	1.247	17.65	14.16	20.006	0.705	1005	0.02512
20	1.205	18.14	15.06	21.417	0.703	1005	0.02593
30	1.165	18.63	16.00	22.861	0.701	1005	0.02675

40	1.128	19.12	16.96	24.306	0.699	1005	0.02756
50	1.093	19.61	17.95	25.722	0.698	1005	0.02826
60	1.060	20.10	18.97	27.194	0.696	1005	0.02966
70	1.029	20.59	20.02	28.556	0.694	1009	0.03047
80	1.000	21.08	21.09	30.194	0.692	1009	0.03074
90	0.972	21.48	22.10	31.889	0.690	1009	0.03128
100	0.946	21.87	23.13	33.639	0.688	1009	0.03210
120	0.898	22.85	25.45	36.833	0.686	1009	0.03338
140	0.854	23.73	27.80	40.333	0.684	1013	0.03489
160	0.815	24.52	30.09	43.894	0.682	1017	0.03640
180	0.779	25.30	32.49	47.500	0.681	1022	0.03780
200	0.746	25.99	34.85	51.361	0.680	1026	0.03931
250	0.674	27.36	40.61	58.500	0.677	1038	0.04268
300	0.615	29.71	48.20	71.556	0.674	1047	0.04605

*Sehingga:*

$$Re = (5 \text{ m/s})(0,34)/18,97 \times 10^6 = 89.615$$

$$\bar{h} = 0.664 \times \frac{k}{L} Re_L^{0.5} Pr^{0.333}$$

Maka,

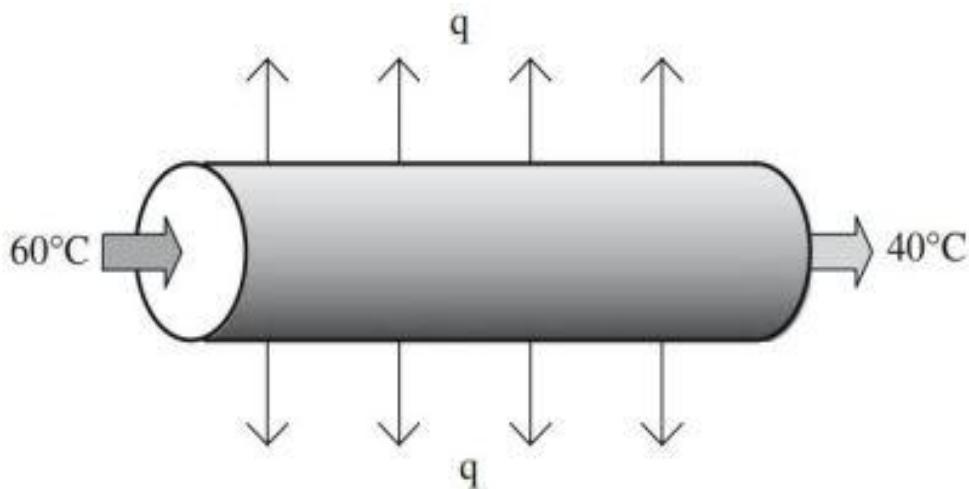
$$= 0,0664 (29,66 \times 10^{-3}) (89615^{0,5}) (0,696^{0,333}) / 0,34$$

$$h = 15 \text{ W/m}^2\text{K}$$

# CONTOH SOAL 2:

- Air mengalir dalam pipa dengan diameter dalam 0,0475 m pada kecepatan 1,5 m/s. Hitung koefisien perpindahan panas jika suhu air 60 °C pada inlet pipa dan 40 °C pada outlet pipa, dan temperatur dinding bagian dalam pipa adalah 35 °C.
- Penyelesaian:  
Langkah #1

# Gambar diagram proses:



## *Langkah #2*

Temukan sifat fisik air.

Sifat fisik harus dihitung pada temperatur air rata-rata:

$$T_m = (60 + 40)/2 = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$$

- Dimana pada temperatur tersebut ( $50^{\circ}\text{C}$ ) dapat diketahui dari sifat fisik air adalah sbb,

$$\rho_{50} = 988 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu_{50} = 0,549 \text{ cp}$$

$$\mu_{35} = 0,723 \text{ cp}$$

$$c_{p50} = 4183 \text{ J/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$k_{50} = 0,639 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

- ***Langkah #3***

Hitung bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{Dv\rho}{\mu} = \frac{(0.0475 \text{ m})(1.5 \text{ m/s})(988 \text{ kg/m}^3)}{0.000549 \text{ kg/ms}} = 128224$$

## *Langkah #4*

Identifikasi jenis/mode perpindahan panas:

- konveksi paksa
- aliran di dalam pipa silindris
- aliran bergolak (turbulen)

## *Langkah #5*

Pilih persamaan  $Nu = f(Re, Pr)$  yang paling cocok:

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.33} \left( \frac{\mu}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

## *Langkah #6*

### *Hitung bilangan Prandtl:*

$$Pr = \frac{c_p \mu}{k} = \frac{(4183 \text{ J/kg}^\circ\text{C})(0.000549 \text{ kg/ms})}{0.639 \text{ W/m}^\circ\text{C}} = 3.59$$

## *Langkah #7*

Substitusi nilai-nilai bilangan Reynolds dan Prandtl dan hitung bilangan Nusselt:

$$Nu = \frac{hD}{k} = 0.023(128224^{0.8})(3.59^{0.33})\left(\frac{0.549}{0.723}\right)^{0.14} = 411.7$$

## *Langkah #8*

Hitung h:

$$h = Nu \frac{k}{D} = 411.7 \frac{0.639 \text{ W/m}^\circ\text{C}}{0.0475 \text{ m}} = 5538 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

# PR

1. Udara dingin pada temperatur  $10^{\circ}\text{C}$  dipaksakan melalui plat tipis yang memiliki temperatur  $40^{\circ}\text{C}$ . Koefisien perpindahan kalor ( $h$ ) =  $30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ . Tentukan laju aliran dari plat ke udara melalui plat dengan luas permukaan  $A = 2 \text{ m}^2$ .
2. Udara atmosfir pada temperatur  $10^{\circ}\text{C}$  melaju dengan kecepatan  $5\text{m/s}$  melalui tabung berdiameter luar (*outside diameter* = OD)  $1 \text{ cm}$  dan panjang  $5 \text{ m}$  dimana bagian permukaan dipertahankan pada temperatur  $11^{\circ}\text{C}$ , sebagaimana diilustrasikan pada gambar dibawah. Tentukan laju aliran kalor dari permukaan tabung ke udara atmosfir.

Atmospheric air,  $T_f = 10^\circ\text{C}$ ,  $V = 5 \text{ m/s}$

