

BAB I

KONSEP PERPINDAHAN PANAS

Pengertian Dasar

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energy karena perbedaan temperature diantara benda atau material. Disamping itu, perpindahan panas juga meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi tertentu.

Persamaan fundamental didalam perpindahan panas merupakan persamaan kecepatan yang menghubungkan kecepatan perpindahan panas diantara dua system dengan sifat termodinamika dalam system tersebut. Gabungan persamaan kecepatan, kesetimbangan energy, dan persamaan keadaan termodinamis menghasilkan persamaan yang dapat memberikan distribusi temperature dan kecepatan perpindahan panas. Jadi, pada dasarnya teori perpindahan panas adalah termodinamika dengan persamaan kecepatan yang ditambahkan.

Beda perpindahan panas dengan termodinamika:

- Analisis termodinamika difokuskan pada kondisi kesetimbangan (meramalkan energy yang diperlukan untuk mengubah kesetimbangan yang satu menjadi system kesetimbangan yang lain)
- Analisis perpindahan panas difokuskan pada laju perpindahan panas.

Konsep temperature ini untuk aliran fluida yang tidak terdapat aliran massa atau aliran arus. Di sini perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan temperature atau adanya gradien panas.

Konsep tegangan, perpindahan panas dapat terjadi tanpa adanya perbedaan temperature. Tetapi, dengan perbedaan tegangan dapat terjadi perpindahan panas. Contohnya efek yang terjadi didalam termolistrik.

Sifat perpindahan panas, jika suatu benda yang temperaturnya berbeda mengalami kontak termal, maka panas akan mengalir dari benda yang temperaturnya lebih tinggi ke benda yang temperaturnya lebih rendah.

Mekanisme Perpindahan Panas

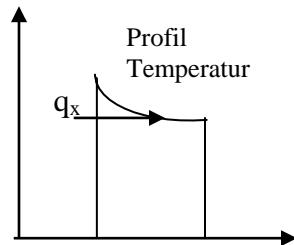
Mekanisme perpindahan panas dibagi menjadi tiga, yakni:

- a. Aliran panas konduksi
- b. Aliran panas konveksi
- c. Aliran panas radiasi

1.1 Perpindahan Panas Konduksi

Adanya gradien temperature akan terjadi perpindahan panas. Dalam benda padat

perpindahan panas timbul karena gerakan antar atom pada temperature yang tinggi, sehingga atom-atom tersebut dapat memindahkan panas. Didalam cairan atau gas, panas diantar oleh tumbukan antar molekul.



Gambar 1.1 Diagram temperature vs posisi

Persamaan dasar konduksi:

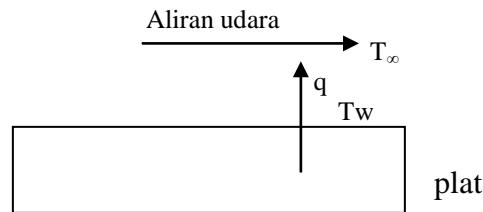
$$q = - k A \frac{dT}{dx} \quad (1.1)$$

Keterangan:

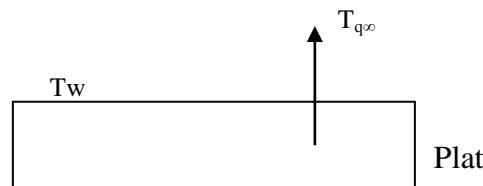
q = laju perpindahan panas, W
 k = konduktivitas panas, W/m°C
 A = luas perpindahan panas, m²

1.2 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas terjadi secara konveksi dari pelat ke sekeliling atau sebaliknya. Perpindahan panas konveksi dibedakan menjadi dua yakni konveksi alamiah dan konveksi paksa.



(a)



(b)

Gambar 1.2 perpindahan panas a. konveksi paksa b. konveksi alamiah

Pada konveksi paksa , pelat akan mendingin lebih cepat.

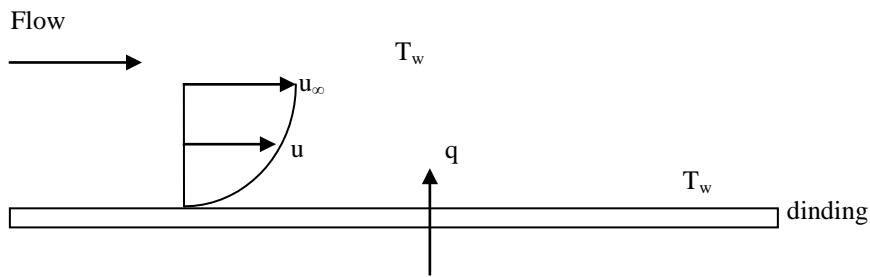
Persaman dasar konveksi:

$$T_w > T_\infty$$

$$q = h \times A \times (T_w - T_\infty) \quad (1.2)$$

Keterangan:

- | | |
|------------|--|
| q | = laju perpindahan panas. W |
| h | = koefisien perpindahan panas, $W/m^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| A | = Luas perpindahan panas, m^2 |
| T_w | = temperatur dinding, $^\circ\text{C}$ |
| T_∞ | = temperatur sekeliling, $^\circ\text{C}$ |



Gambar 1.3 Aliran pada konveksi paksa

1.3 Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas oleh perjalanan foton yang tak terorganisasi. Setiap benda terus menerus memancarkan foton secara serampangan didalam arah, waktu, dan energy netto yang dipindahkan oleh foton tersebut, diperhitungkan sebagai panas.

Persamaan dasar radiasi:

$$q = \alpha \times A \times (T_1^4 - T_2^4) \quad (1.3)$$

Keterangan:

q = laju perpindahan pans, W

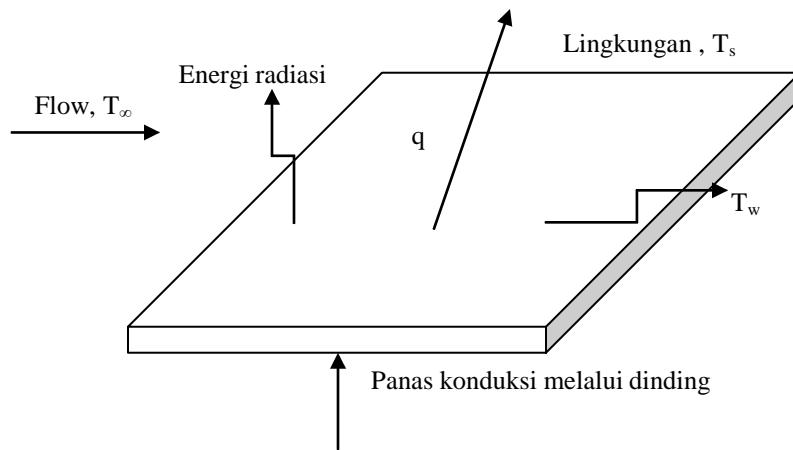
A = luas erpindahan panas, m^2

α = konstanta Stefan Boltzman

T_1, T_2 = temperature permukaan 1,2, $^{\circ}\text{C}$

1.4 Gabungan Konduksi-Konveksi-Radiasi

$$q_{\text{konv}} = h \times A \times (T_w - T_{\infty})$$



Gambar 1.4 Gabungan konduksi-konveksi-radiasi

Persamaan gabungan konduksi-konveksi-radiasi:

$$q = -k A \frac{dT}{dx} = F_E \times F_G \times \alpha \times A \times (T_w^4 - T_s^4) + h \times A \times (T_w - T_\infty) \quad (1.4)$$

Keterangan:

- T_w = temperature dinding, $^{\circ}\text{C}$
- T_s = temperature sekitar, $^{\circ}\text{C}$
- T_∞ = temperature fluida, $^{\circ}\text{C}$
- F_E = faktor emisivitas, tanpa dimensi
- F_G = faktor bentuk, tanpa dimensi

Analogi aliran panas dengan aliran listrik

Listrik	Panas
$I = \frac{\Delta V}{R_e}$	$\frac{q}{A} = \frac{\Delta T}{R_t}$

Keterangan:

- i = arus listrik, ampere
- q/A = arus panas, W/m^2
- ΔV = beda tegangan, Volt
- ΔT = beda temperatur, $^{\circ}\text{C}$
- R_e = tahanan listrik, ohm
- R_{th} = tahanan panas, $\text{m}^{20}\text{C}/\text{W}$

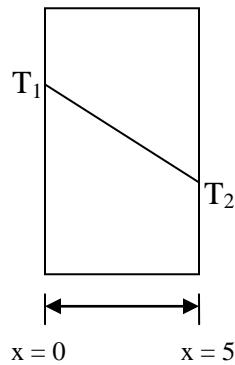
Contoh peristiwa perpindahan panas:

- a. Konduksi
Perpindahan panas pada benda padat buram yang tembus cahaya
- b. Konveksi
Perpindahan entalpi oleh pusaran aliran turbulen dan oleh arus udara panas yang mengalir melintas dan menjadi radiator biasa.
- c. Radiasi
Radiasi yang dipancarkan dari permukaan panas pada semua frekuensi

Contoh soal:

1. Salah satu permukaan pelat yang tebalnya 5 cm mempunyai temperatur tetap 450°C , sedang pelat yang lain temperaturnya adalah 125°C . Daya hantar panas pelat $375 \text{ W}/\text{m}^2\text{C}$. Hitung laju perpindahan panas!

Penyelesaian:



Diketahui: $T_1 = 450^\circ\text{C}$ $T_2 = 125^\circ\text{C}$
 $k = 375 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ $\Delta x = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$

Terjadi perpindahan panas konduksi

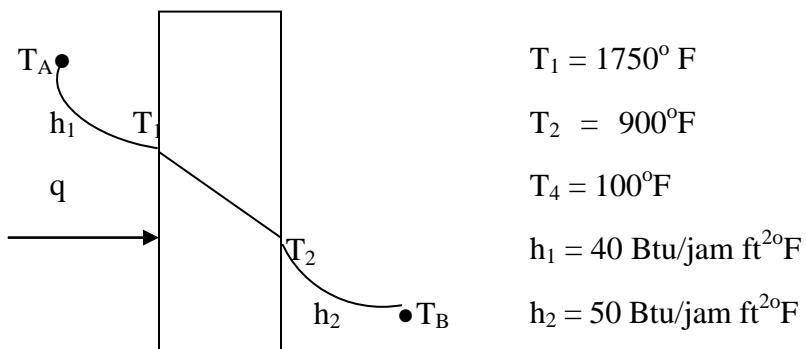
$$q = -k A \frac{dT}{dx}$$

$$\frac{q}{A} \int_0^{0,05} dx = -k \int_{T1}^{T2} dT$$

$$\frac{q}{A} \times 0,05 = -375 (125 - 450)$$

$$\frac{q}{A} = \frac{375 \times 325}{0,05} = 2437500 \text{ W/m}^2 = 2,437 \text{ MW/m}^2$$

2. Diketahui:



Hitung tahanan dinding!

Penyelesaian:

$$R = 1/h$$

$$\frac{q}{A} = \frac{T1-T2}{R1} = \frac{T2-T4}{R2+R3}$$

$$\frac{1750-900}{\frac{1}{40}} = \frac{900-100}{R2+\frac{1}{40}}$$

$$R_2 = 0,0035 \text{ jam ft}^2\text{F/Btu}$$

Kegiatan

1. Hafalkan definisi-definisi mekanisme perpindahan panas dan contoh-contoh peristiwanya!
2. Hafalkan rumus-rumus dasar konduksi, konveksi, dan radiasi!
3. Latihanlah soal dari contoh-contoh soal!
4. Selesaikan soal-soal!

Rangkuman

Perpindahan panas adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energy dengan cara menghitung laju perpindahan panas. Model perpindahan panas dibedakan menjadi tiga macam, yakni:

- a. Konduksi adalah perpindahan panas karena gradien temperature yang mempunyai hubungan persamaan dasar:

$$q = -k A \frac{dT}{dx}$$

- b. Konveksi adalah perpindahan panas dari pelat ke sekeliling yang bias berupa fluida atau gas atau udara yang mempunyai hubungan persamaan dasar:

$$q = h x A x (T_w - T_\infty)$$

- c. Radiasi adalah perpindahan panas oleh foton-foton yang mempunyai hubungan persamaan dasar:

$$q = \alpha x A x (T_1^4 - T_2^4)$$

