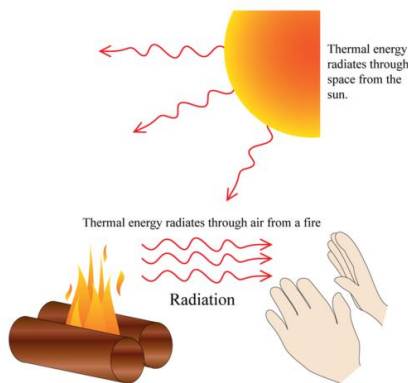


## Pertemuan 07.

# Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan kalor secara radiasi merupakan perpindahan kalor yang tidak memerlukan perantara apapun, misalnya ketika kita sedang duduk dekat dengan api maka kita akan merasakan hangat walaupun tanpa bersentuhan langsung dengan api tersebut. Atau perpindahan panas radiasi adalah proses dimana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang hampa diantara benda-benda tersebut.



**Gambar 3.** *Perpindahan panas radiasi*

Energi radiasi dikeluarkan oleh benda karena temperature, yang dipindahkan melalui ruang antara, dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Bila energi radiasi menimpa suatu bahan, maka sebagian radiasi dipantulkan, sebagian diserap dan sebagian diteruskan seperti pada gambar (2.3), sedangkan besarnya energi:

$$Q_{\text{pancaran}} = \sigma AT^4 \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:  $Q_{\text{pancaran}}$  = laju perpindahan panas (W)

$\sigma$  = konstanta Boltzman ( $5,669.10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ )

$A$  = luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ )

$T$  = suhu absolut benda ( $^{\circ}\text{C}$ )

Radiasi biasanya dalam bentuk gelombang elektromagnetik (GEM) yang berasal dari matahari. Matahari merupakan sumber cahaya di bumi yang sinarnya masuk ke bumi melewati filter yang disebut atmosfer, sehingga cahaya yang masuk ke bumi adalah cahaya yang tidak berbahaya. Sinar gelombang elektromagnetik tersebut dibedakan berdasarkan frekuensi dan panjang gelombang. Dimana semakin besar panjang gelombang maka semakin kecil

frekuensinya. Energi radiasinya tergantung dari besarnya frekuensi dalam artian semakin besar frekuensi maka semakin energi radiasinya.

Dalam kasus tersebut maka terdapat hal yang disebut radiasi benda hitam yang memaparkan bahwa semakin hitam benda maka semakin tersebut maka energi radiasi yang dikenai juga semakin besar. Oleh karena itu warna hitam dikatakan sempurna menyerap panas, sedangkan warna putih mampu memantulkan panas atau cahaya dengan sempurna. Sehingga emisivitas bahan untuk warna hitam  $e=1$  dan putih  $e = 0$ .

perpindahan kalor ini tidak membutuhkan medium atau perantara. Apa contohnya? Panas matahari yang sampai ke bumi melewati ruang angkasa yang hampa udara (tanpa ada medium). Setiap benda bisa menyerap kalor dipancarkan secara radiasi. Akan tetapi yang menentukan daya serap dan daya bukannya jenis bahan benda tersebut melainkan warnanya.

Semakin hitam sebuah benda maka benda tersebut akan cenderung semakin menyerap panas yang dipancarkan melalui radiasi. Kehitaman sebuah inilah yang disebut sebagai emisivitas bahan disimbolkan dengan  $e$ . Laju penyerapan kalor yang dipancarkan secara radiasi dirumuskan

$$\text{laju kalor} = \frac{Q}{t} = \sigma e A T^4$$

Radiasi termal adalah bagian dari spektrum elektromagnetik dalam *range* panjang gelombang terbatas dari 0,1 sampai 10  $\mu\text{ m}$  dan diemisikan pada semua permukaan. Radiasi terjadi pada permukaan yang diserap dan kemudian perpindahan panas radiasi terjadi antara permukaan-permukaan pada temperatur yang berbeda. ***Tidak ada medium*** yang dibutuhkan untuk perpindahan panas radiasi akan tetapi permukaan seharusnya dalam kontak visual untuk perpindahan panas langsung. Diantara contoh perpindahan panas secara radiasi adalah kita menghangatkan badan kita di dekat api unggun. Selain itu pancaran sinar matahari yang sampai ke bumi sehingga temperatur yang ideal bisa dirasakan oleh para penduduk bumi juga merupakan contoh perpindahan panas radiasi. Persamaan laju-nya ditentukan oleh **hukum Stefan-Boltzmann** yang mana merupakan istilah dimana panas yang diradiasikan sebanding dengan pangkat empat temperatur absolute dari permukaan dan laju perpindahan panas antara permukaan yang diberikan pada persamaan 1.4. Situasi itu dinyatakan pada **gambar 1.6 (a)**

$$Q = F\sigma A (T_1^4 - T_2^4)$$

**(Persamaan 1.4)**

**Dimana:**

F : factor yang bergantung pada geometri dan sifat permukaan.

$\sigma$  : Konstanta Stefan Boltzmann  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$  (satuan S-1)

A : Luas permukaan,  $\text{m}^2$

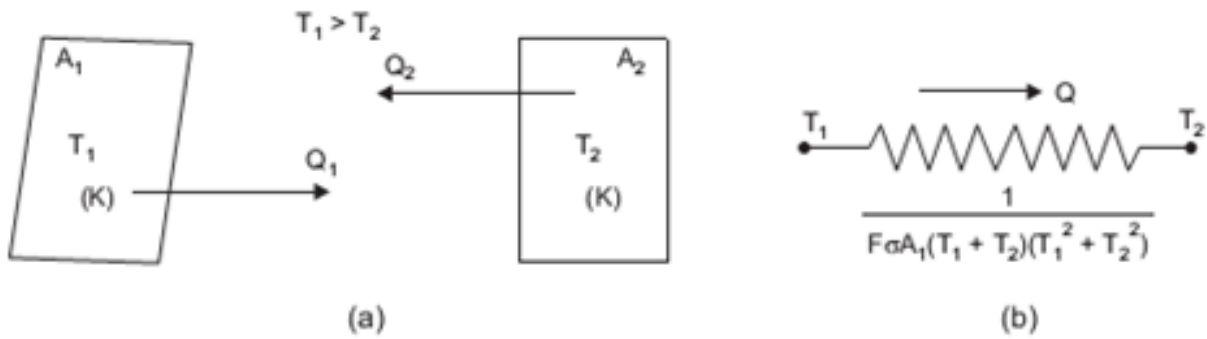
$T_1, T_2$  : K (ingat! hanya satuan temperatur *absolute* yang digunakan)

*Persamaan ini dapat juga ditulis sebagai:*

$$Q = \frac{(T_1 - T_2)}{\frac{1}{F\sigma A(T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)}}$$

***(Persamaan 1.5)***

Dimana bagian penyebut mengacu pada *tahanan radiasi*.



**Fig. 1.6. Electrical analogy-radiation heat transfer.**

**Contoh 1..** Sebuah permukaan pada 200 °C dan memiliki luas 2m<sup>2</sup>. Permukaan tersebut bertukar kalor dengan permukaan yang lainnya B pada 30 °C dengan radiasi. Nilai faktor karena lokasi geometri dan emisifitas adalah 0,46. Tentukan pertukaran kalor dan juga cari nilai dari tahanan termal dan koefisien konveksi yang equivalen?

**Penyelesaian:**

Mengacu persamaan 1.4 dan 1.5 dan gambar 1.6

**Diketahui :**

$$T_1 = 200 \text{ } ^\circ\text{C} = 200 + 273 = 473 \text{ K}$$

$$T_2 = 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

**Konversi satuan temperatur ini SANGAT PENTING.**

$$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{k}^4$$

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

$$F = 0,46$$

**Sehingga:**

$$Q = 0,46 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 2 (473^4 - 303^4)$$

$$= 2171,4 \text{ W}$$

**Tahanan dapat dicari dengan:**

$$Q = \Delta T/R$$

$$R = \Delta T/Q = (200 - 30)/2171,4$$

Maka:

$$R = 0,07829 \text{ } ^\circ\text{C/W atau K/W}$$

**Ketahanan dapat juga diberikan oleh  $1/h_r A$**

Oleh karena itu:

$$h_r = 6,3865 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Periksa:**

$$Q = h_r A \Delta T = 6,3865 \times 2 \times (200-30) = 2171,4 \text{ W (bandingkan dengan perhitungan sebelumnya)}$$

Penyebut dalam istilah tahanan juga dapat dinyatakan sebagai  $h_r A$ , dimana  $h_r = F\sigma (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)$  dan formula yang sering digunakan tersebut hampirannya yang tepat yaitu:

$$h_r = \left[ \frac{T_1 + T_2}{2} \right]^3.$$

Pen  
entu

an  $F$  agak jarang dan nilai yang tersedia untuk konfigurasi yang sederhana dalam bentuk grafik dan tabel. Untuk kasus yang sederhana dari permukaan hitam yang tertutup oleh permukaan lainnya,  **$F = 1$**  dan untuk permukaan yang tertutup bukan hitam,  **$F = \text{emisifitas}$** . (Didefinisikan sebagai rasio panas yang diradiasikan oleh permukaan ke permukaan yang ideal.

**Contoh 2.** Dengan  $e$  adalah emisivitas benda, dimana jika benda hitam mempunyai nilai  $e = 1$  jika benda berwarna hitam dan  $e$  bernilai 0 (nol) jika benda berwarna putih.  $\sigma$  adalah konstanta Stefan-Boltzman  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{C}$ .  $A$  adalah luas permukaan benda dan  $T$  adalah suhu dalam kelvin.

**Contoh:**

1. Benda hitam sempurna luas permukaannya  $1 \text{ m}^2$  dan suhunya  $27^\circ\text{C}$ . Jika suhu sekelilingnya  $77^\circ\text{C}$ , hitunglah:

- kalor yang diserap persatuan waktu persatuan luas
- energi total yang dipancarkan selama 1 jam.

**Jawab:**

Benda hitam, maka  $e = 1$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$T_2 = 350 \text{ K}$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ watt m}^{-2}\text{K}^{-4}$$

a. Kalor yang diserap per satuan waktu  $= e \sigma (T_2^4 - T_1^4) = 1 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} (350^4 - 300^4) = 391,72 \text{ watt/m}^2$

b.  $R = Q/A.t = 391,72 \cdot 1 \cdot 3600 = 1.410.120 \text{ Joule}$ .