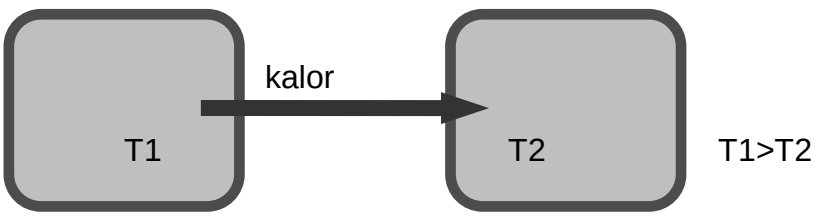
II. KALOR

Sudah dijelaskan pada bab sebelumnya apabila dua buah benda yang berbeda temperaturnya saling berkontak termal, temperatur benda yang lebih panas berkurang sedangkan temperatur benda yang lebih dingin bertambah. Ada sesuatu yang berpindah dalam kasus ini, apa ?

> *Kalorik, suatu materi yang tak terlihat, yang mengalir dari benda yang bertemperatur tinggi ke benda yang bertemperatur rendah.*

Benyamin Thomson/Count Rumford (1753-1814) dengan eksperimen-nya, dia mengebor logam, teramati bahwa mata bor menjadi panas dan didinginkan dengan air (sampai airnya mendidih), tentunya dari teori “kalorik”, kalorik tersebut lama kelamaan akan habis dan ternyata bila proses tersebut berlanjut terus kalorik tersebut tidak habis, jadi teori kalorik tidak tepat. Jadi kalor bukan materi.



1. KALOR dan ENERGI TERMAL

Ada suatu perbedaan antara kalor (heat) dan energi dalam dari suatu bahan. Kalor hanya digunakan bila menjelaskan perpindahan energi dari satu tempat ke yang lain.

Kalor adalah energi yang dipindahkan akibat adanya perbedaan temperatur.. Sedangkan energi dalam (termis) adalah energi karena temperaturnya.

1.1. Satuan Kalor.

Satuan kalor adalah kalori dimana, *1 kalori adalah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur 1 gr air dari 14,5 C menjadi 15,5 C.*

Dalam sistem British, *1 Btu (British Thermal Unit) adalah kalor untuk menaikkan temperatur 1 lb air dari 63 F menjadi 64 F.*

1 kal = 4,186 J = 3,968 x 10^{-3} Btu

1 J = 0,2389 kal = 9,478 x 10^{-4} Btu

1 Btu = 1055 J = 252,0 kal

1.2. Kesetaraan Mekanik dari Kalor.

Dai konsep energi mekanik diperoleh bahwa bila gesekan terjadi pada sistem mekanis, ada energi mekanis yang hilang. Dan dari eksperimen diperoleh bahwa energi yang hilang tersebut berubah menjadi energi termal.

Dari eksperimen yang dilakukan oleh Joule (aktif penelitian pada tahun 1837-1847) diperoleh kesetaraan mekanis dari kalor :

1 kal = 4,186 joule

3. KAPASITAS KALOR dan KALOR JENIS

Kapasitas kalor (C) : jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari suatu sampel bahan sebesar 1 C^o.

$$\Delta Q = C\,\Delta T$$

Kapasitas panas dari beberapa benda sebanding dengan massanya, maka lebih mudah bila didefinisikan kalor jenis, c :

Kalor jenis, c : jumlah kalor yang diperlukan untuk menaikkan temperatur dari 1 gr massa bahan sebesar 1 C^o.

$$\Delta Q = m\,c\,\Delta T$$

Bila harga c tidak konstan : $Q = \int_{T_1}^{T_2} m\,c\;dT$

Catatan : untuk gas kalor jenis biasanya dinyatakan untuk satu mol bahan, dsb kalor jenis molar,

$$\Delta Q = n\,c\,\Delta T$$

Kalor jenis beberapa bahan pada 25 C.

Bahan	c (kal/gr. C^o)	Bahan	c (kal/gr. C^o)
Aluminium	0,215	Kuningan	0,092
Tembaga	0,0924	Kayu	0,41
Emas	0,0308	Glas	0,200
Besi	0,107	Es (-5 C)	0,50
Timbal	0,0305	Alkohol	0,58
Perak	0,056	Air Raksa	0,033
Silikon	0,056	Air (15 C)	1,00

3. KALOR LATEN

Suatu bahan biasanya mengalami perubahan temperatur bila terjadi perpindahan kalor antara bahan dengan lingkungannya. Pada suatu situasi tertentu, aliran kalor ini tidak merubah temperaturnya. Hal ini terjadi bila bahan mengalami perubahan fasa. Misalnya padat menjadi cair (mencair), cair menjadi uap (mendidih) dan perubahan struktur kristal (zat padat). Energi yang diperlukan disebut kalor transformasi.

Kalor yang diperlukan untuk merubah fasa dari bahan bermassa m adalah

$$Q = m L$$

dimana L adalah kalor laten.

4. PERPINDAHAN KALOR

Bila dua benda atau lebih terjadi kontak termal maka akan terjadi aliran kalor dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah, hingga tercapainya kesetimbangan termal.

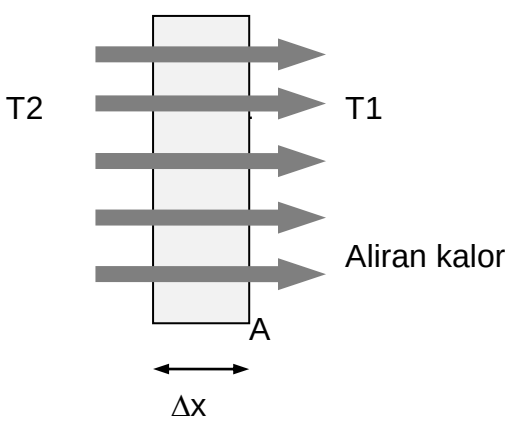
Proses perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme, yaitu : konduksi, konveksi dan radiasi.

4.1. Konduksi

Proses perpindahan kalor secara konduksi bila dilihat secara atomik merupakan pertukaran energi kinetik antar molekul (atom), dimana partikel yang energinya rendah dapat meningkat dengan menumbuk partikel dengan energi yang lebih tinggi.



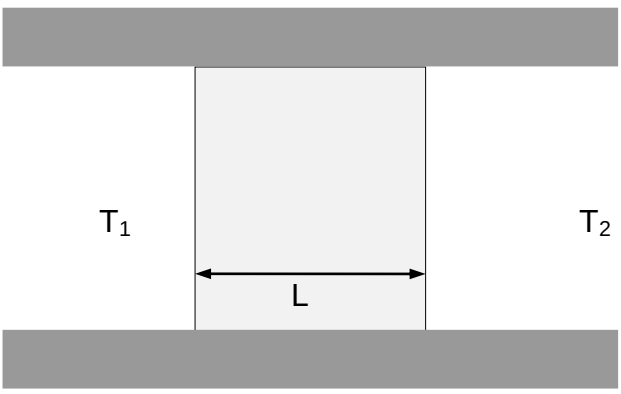
Sebelum dipanaskan atom dan elektron dari logam bergetar pada posisi setimbang. Pada ujung logam mulai dipanaskan, pada bagian ini atom dan elektron bergetar dengan amplitudi yang makin membesar. Selanjutnya bertumbukan dengan atom dan elektron disekitarnya dan memindahkan sebagian energinya. Kejadian ini berlanjut hingga pada atom dan elektron di ujung logam yang satunya. Konduksi terjadi melalui getaran dan gerakan elektron bebas.



Bila T_2 dan T_1 dipertahankan terus besarnya, maka kesetimbangan termal tidak akan pernah tercapai, dan dalam keadaan mantap/tunak (stedy state), kalor yang mengalir persatuan waktu sebanding dengan luas penampang A, sebanding dengan perbedaan temperatur ΔT dan berbanding terbalik dengan lebar bidang Δx

$$\Delta Q/\Delta t = H \propto A\, \Delta T/\Delta x$$

Untuk penampang berupa bidang datar :



$$H = - k A (T_1 - T_2) / L$$

k adalah kondutivitas termal.

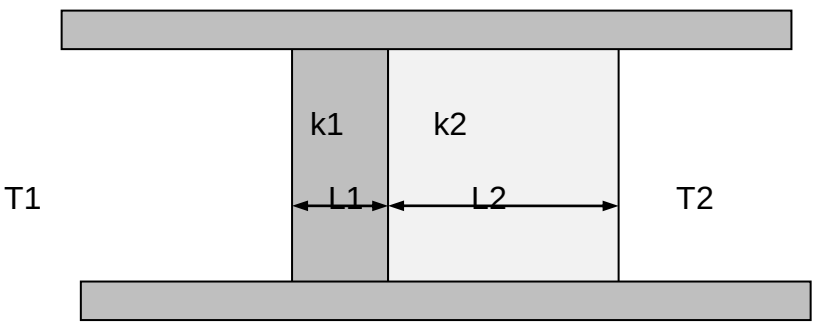
Konduktivitas termal untuk beberapa bahan :

Bahan	k (W/m.C^o)	Bahan	k (W/m.C^o)
Aluminium	238	Asbestos	0,08
Tembaga	397	Concrete	0,8
Emas	314	Gelas	0,8
Besi	79,5	Karet	0,2
Timbal	34,7	air	0,6
Perak	427	kayu	0,08
		udara	0,0234

Untuk susunan beberapa bahan dengan ketebalan L_1, L_2,, ... dan konduktivitas masing-masing k_1, k_2,, ... adalah :

$$H = \frac{A (T_1 - T_2)}{}$$

$\sum (L_1/k_1)$



Bagaimana dengan bidang yang berbentuk silinder ?

4.2. Konveksi

Apabila kalor berpindah dengan cara gerakan partikel yang telah dipanaskan dikatakan perpindahan kalor secara konveksi. Bila perpindahannya dikarenakan perbedaan kerapatan disebut konveksi alami (natural convection) dan bila didorong, misal dengan fan atau pompa disebut konveksi paksa (forced convection).

Besarnya konveksi tergantung pada :

a. Luas permukaan benda yang bersinggungan dengan fluida (A).

b. Perbedaan suhu antara permukaan benda dengan fluida (ΔT).

c. koefisien konveksi (h), yang tergantung pada :

viscositas fluida

kecepatan fluida

perbedaan temperatur antara permukaan dan fluida

kapasitas panas fluida

rapat massa fluida

bentuk permukaan kontak

Konveksi : $H = h \times A \times \Delta T$

4.3. Radiasi

Pada proses radiasi, energi termis diubah menjadi energi radiasi. Energi ini termuat dalam gelombang elektromagnetik, khususnya daerah inframerah (700 nm - 100 μm). Saat gelombang elektromagnetik tersebut berinteraksi dengan materi energi radiasi berubah menjadi energi termal.

Untuk benda hitam, radiasi termal yang dipancarkan per satuan waktu per satuan luas pada temperatur T kelvin adalah :

$$E = e\sigma T^4.$$

dimana σ : konstanta Boltzmann : $5{,}67 \times 10^{-8}$ W/ m^2 K^4.

e : emitansi ($0 \leq e \leq 1$)