

**PENENTUAN KONDUKTIVITAS TERMAL (k) BEBERPA JENIS LOGAM :
ALUMINIUM MURNI, BAJA TAHAN KARAT (18 % Cr, 6 % Ni)
dan BAJA KARBON (0,5 % C)**

Netty Kurniawati
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Sriwijaya

ABSTRAK

Penentuan harga konduktivitas termal (k), diperlukan untuk mengetahui jenis bahan logam yang diteliti apakah merupakan penghantar kalor yang sangat baik (konduktor panas yang sempurna). Selain itu penentuan harga konduktivitas termal sangat diperlukan dalam industri, contohnya dalam mendesain bentuk heat sink. Dalam tulisan ini, konduktivitas termal suatu bahan logam ditentukan dengan cara pemanasan bahan logam tersebut dan diusahakan bahan logam tersebut tersekat termal. Adapun bahan-bahan yang ditentukan konduktivitas termalnya adalah : Aluminium murni, Baja tahan karat (18 % Cr. 8 % Ni) dan baja karbon (0.5 % C), hal ini dikarenakan bahan-bahan tersebut adalah bahan-bahan yang sering dipakai dalam dunia industri. Dari hasil percobaan dan analisa data diperoleh harga konduktivitas (k) untuk masing-masing bahan : Aluminium murni adalah : 222.706 Watt/m °C, Baja tahan karat (18 % Cr. 8 % Ni) adalah : 57,426 Watt/m °C, Baja karbon (0.5 % C) adalah : 66.314 Watt/m °C.

PENDAHULUAN

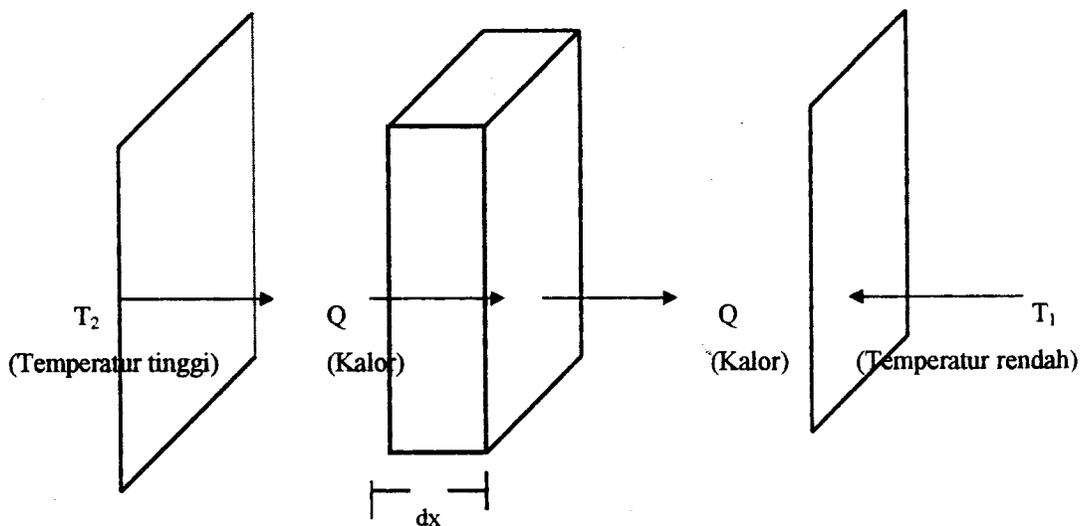
Konduktivitas termal adalah ukuran kemampuan dari material atau bahan untuk menghantarkan energi. Energi termal dihantarkan dalam zat padat melalui getaran kisi elektron bebas. Dalam konduktor yang baik, dimana terdapat elektron bebas

yang bergerak didalam struktur kisi bahan, maka elektron itu, disamping dapat mengangkut muatan listrik dapat pula membawa energi termal dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah.

Perpindahan kalor secara konduksi

Peristiwa konduksi, merupakan suatu model proses perpindahan panas yang mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah didalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung.

Dengan adanya beda temperatur pada suatu bahan akan menimbulkan energi kinetik pada atom-atom bahan tersebut, sehingga peristiwa konduksi pada zat padat merupakan perpindahan energi dalam (energi dakhil), Perpindahan energi tersebut dapat berlangsung dengan tumbukan elastik (elastic impact), jika beda suhu dipertahankan dengan penambahan dan pembuangan panas diberbagai titik, maka akan berlangsung aliran panas yang terus-menerus dari daerah yang lebih panas ke daerah yang lebih dingin (lihat gambar 1).



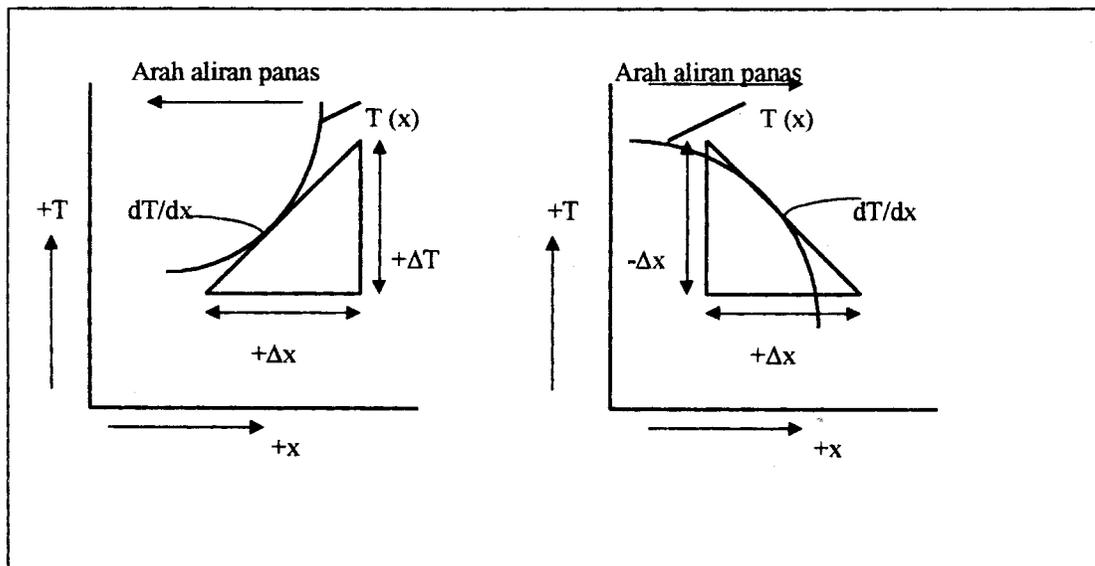
**Gambar.1. Proses konduksi pada bahan
(sumber : Kreith, 1986)**

Konduktivitas Termal

Hubungan dasar untuk perpindahan dengan cara konduksi di usulkan oleh Ilmuwan Prancis J.B.J. Fourier (Kreith, 1986), hubungan ini menyatakan bahwa Q laju aliran panas dengan cara konduksi dalam suatu bahan, sama dengan hasil kali dari tiga buah besaran yaitu :

1. Konduktivitas termal bahan (k)
2. Luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi (A).
3. dt/dx yang merupakan gradien suhu pada penampang tersebut, yaitu laju perubahan suhu T terhadap jarak dalam arah aliran panas x .

Untuk menuliskan persamaan konduksi panas dalam bentuk matematik dapat ditetapkan bahwa untuk arah naiknya jarak x merupakan arah aliran panas positif, sesuai dengan hukum kedua termodinamika, panas akan mengalir secara otomatis dari titik yang bersuhu tinggi ke titik yang bersuhu rendah, maka aliran panas akan menjadi positif bila gradien suhu negatif (lihat gambar 2).



Gambar 2. Sketsa yang melukiskan tentang tanda untuk aliran panas konduksi (Kreith, 1986)

Sesuai dengan hal itu, persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan stedi ditulis :

$$Q = -k A \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Dimana :

- Q : Kalor yang dialirkan (Watt)
A : Luas Penampang (m²)
dt : Perubahan Suhu (°C)
dx : Jarak (m)
k : Kehantaran termal (Watt/ m °C)

Untuk kasus sederhana aliran panas keadaan-stedi melalui dinding datar, gradien suhu dan aliran panas tidak berubah dengan waktu dan sepanjang lintasan aliran panas luas penampangnya sama. Variabel- variabel dalam persamaan (1) dapat dipisahkan dan persamaan yang dihasilkan adalah :

$$\frac{Q}{A} \int_0^L dx = - \int_{T_{panas}}^{T_{dingin}} k dT \quad (2)$$

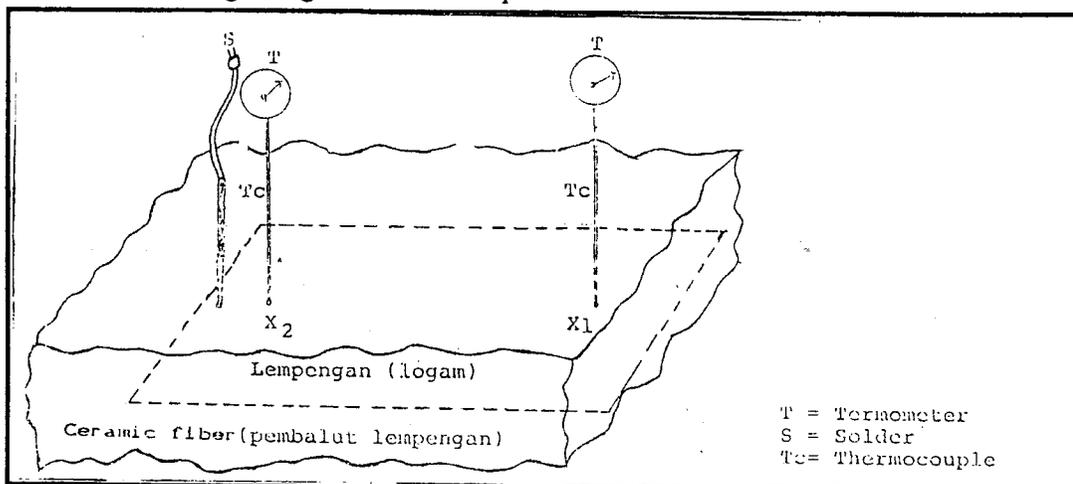
Jika k tidak tergantung T, setelah integrasi kita mendapatkan persamaan untuk konduksi panas yang melalui dinding :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{A k}{L} (T_{panas} - T_{dingin}) \\ &= \frac{k A \Delta T}{L} \end{aligned} \quad (3)$$

METODOLOGI

Dalam penelitian ini penentuan harga konduktivitas termal pada beberapa jenis logam, dilakukan dengan cara memanaskan bahan, sedangkan geometri bahan yang diamati berbentuk pelat persegi panjang. Adapun jalannya pengukuran adalah sebagai berikut :

1. Sebagai sumber kalor yang digunakan adalah berupa solder 30 watt, dimana tegangan dan arus solder (V_s , I_s) selalu diamati pada setiap pengukuran.
2. Seperti terlihat pada gambar x_1 dan x_2 adalah termokopel yang dipasang pada bahan yang mempunyai jarak dx .
3. Solder kemudian dipasang pada salah satu ujung bahan, sedangkan ujung lainnya ddinginkan dengan air.
4. Permukaan bahan dibalut dengan serat keramik (ceramik fiber) agar bahan tersekat termal.
5. Kemudian amati kenaikan temperatur pada X_1 dan X_2 untuk setiap interval waktu 10 menit.
6. Setelah tidak ada lagi kenaikan temperatur, maka sumber kalor (solder) dilepas.
7. Untuk memperoleh suatu nilai yang mendekati kebenaran statistik maka percobaan ini dilakukan berulang-ulang kali untuk setiap bahan.



Gambar 3. Rancangan Percobaan.

Analisis Data

$$K = - \frac{Q}{A} \frac{dx}{dT}$$

* $P = V I = Q$

$S_v = \pm 0.5 \text{ Volt}$

$S_I = \pm 0.5 \text{ mA}$

$S_P = S_Q = \dots\dots\dots ?$

$$\left| \frac{S_Q}{Q} \right| = \left| \frac{S_V}{V} \right| + \left| \frac{S_I}{I} \right|$$

* $A = I t$

$S_l = \pm 0.5 \text{ mm} = \pm 0.0005 \text{ m}$

$S_t = \pm 0.5 \text{ mm} = \pm 0.0005 \text{ m}$

$S_A = \dots\dots\dots ?$

$$\left| \frac{S_A}{A} \right| = \left| \frac{S_l}{L} \right| + \left| \frac{S_t}{t} \right|$$

$$* S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum x^2 - N \bar{x}^2}{N(N-1)}}$$

* $dT = T_1 - T_2$

$S_{T1} = \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$

$S_{T2} = \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$

$S_{dT} = \dots\dots\dots ?$

$$\left| \frac{S_{dT}}{dT} \right| = \left| \frac{S_{T1}}{T_1} \right| + \left| \frac{S_{T2}}{T_2} \right|$$

$$S_k = \sqrt{\left(\frac{\delta K}{\delta A} S_A\right)^2 + \left(\frac{\delta K}{\delta T} S_{dT}\right)^2 + \left(\frac{\delta K}{\delta dx} S_{dx}\right)^2 + \left(\frac{\delta K}{\delta Q} S_Q\right)^2}$$

$$\frac{\delta K}{\delta A} = \frac{\delta}{\delta A} \left(-\frac{dx}{A dT} Q \right) = -\frac{dx}{A^2 dT} Q$$

$$\frac{\delta K}{\delta T} = \frac{\delta}{\delta T} \left(-\frac{dx}{A dT} Q \right) = -\frac{dx}{A dT^2} Q$$

$$\frac{\delta K}{\delta dx} = \frac{\delta}{\delta dx} \left(-\frac{dx}{A dT} Q \right) = -\frac{Q}{A dT}$$

$$\frac{\delta K}{\delta Q} = \frac{\delta}{\delta Q} \left(-\frac{dx}{A dT} Q \right) = -\frac{dx}{A dT}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan didapat hasil pengukuran yang merupakan dasar perhitungan untuk penentuan konduktivitas bahan , dengan data sebagai berikut:

1. Alumunium Murni :

Panjang	: 0.12	m
Lebar	: 0.041	m
Tebal	: 0.0069	m
dx	: Jarak antara thermocouple	

No	t (Menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	V (Volt)	I (mA)	dt (°C)	dx (Meter)
1	110	57.7	91.6	112.7	205	33.9	0.096
2	120	59.7	93.7	112.0	205	34.0	0.096
3	130	62.2	96.7	112.0	205	34.5	0.096
4	140	64.2	98.9	112.0	205	34.7	0.095
5	150	66.4	101.5	112.0	205	35.1	0.096
6	160	69.0	104.3	112.0	205	35.3	0.095
7	170	71.7	107.2	112.0	205	35.5	0.096
8	180	73.6	109.2	112.0	205	35.6	0.097
9	190	75.7	111.5	112.0	205	35.8	0.096
10	200	75.6	111.8	112.0	205	35.8	0.096

2. Baja Tahan Karat (18 % Cr. 8% Ni)

Panjang : 0.125 m
 Lebar : 0.043 m
 Tebal : 0.0058 m
 dx : Jarak antara thermocouple

No	t (Menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	V (Volt)	I (mA)	dt (°C)	dx (Meter)
1	110	62.3	213.1	111.2	203	150.8	0.096
2	120	63.1	214.2	111.2	203	150.9	0.096
3	130	63.7	214.7	111.0	203	151.0	0.096
4	140	64.0	215.1	111.0	203	151.1	0.095
5	150	64.3	215.7	111.0	204	151.4	0.096
6	160	64.5	216.1	111.1	203	151.6	0.096
7	170	64.7	216.5	111.1	204	151.8	0.095
8	180	64.8	216.8	111.1	203	152.0	0.095
9	190	65.1	217.3	111.6	205	152.2	0.096
10	200	65.5	217.9	111.1	203	152.4	0.096

3. Baja Karbon (0.5 %)

Panjang : 0.125 m
 Lebar : 0.041 m
 Tebal : 0.0063 m
 dx : Jarak antara thermocouple

No	t (Menit)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	V (Volt)	I (mA)	dt (°C)	dx (Meter)
1	110	68.4	191.1	111.3	203	122.7	0.095
2	120	68.6	191.7	111.4	204	123.1	0.096
3	130	68.9	192.4	111.4	204	123.5	0.096
4	140	69.0	191.5	111.3	204	123.5	0.095
5	150	69.7	193.8	111.2	204	124.1	0.096
6	160	70.1	196.5	111.7	205	126.4	0.095
7	170	70.4	203.0	111.1	205	132.6	0.095
8	180	70.8	206.0	111.4	205	135.2	0.095
9	190	71.0	208.5	111.2	205	137.5	0.096
10	200	71.2	210.7	111.9	205	139.5	0.096

Dari hasil pengukuran dan pengolahan data, untuk masing-masing jenis logam, harga konduktivitas termalnya dapat dirata-ratakan dan hasilnya adalah sebagai berikut:

1. Alumunium murni memiliki harga konduktivitas termal 222.706 Watt/m °C.
2. Baja tahan karat (18% Cr, 8 % Ni) memiliki harga konduktivitas termal 57,426 Watt/m °C.
3. Baja Karbon (0.5% C) memiliki harga konduktivitas termal 66.314 Watt/m °C.

Pembahasan

Seperti kita ketahui, mekanisme perpindahan panas pada suatu logam terjadi apabila ada perbedaan panas dari logam tersebut. Pada daerah-daerah yang bersuhu tinggi kecepatan pergerakan atom lebih tinggi dari pergerakan atom yang ada di suhu yang lebih rendah. Atom-atom tersebut bergerak dan akan saling betumbukkan satu sama lain sehingga energi atom yang lebih besar akan

menyerahkan energinya pada waktu bertumbukkan tersebut dengan atom yang energinya lebih rendah.

Pada pengukuran yang dilakukan, termokopel pertama (t_1) akan mencatat suhu ujung logam yang dipanaskan, sedangkan termokopel ke dua akan mencatat suhu ujung logam yang didinginkan (t_2). Kalor yang mengalir pada logam merupakan hasil kali antara tegangan dan arus yang dialirkan pada variabel tegangan, sedangkan untuk luas penampang bahan diperhitungkan dengan rumus perhitungan luas bahan sesuai dengan bentuk bahannya.

Hasil pengukuran harga konduktivitas termal yang diperoleh ternyata mempunyai harga yang berbeda dengan yang terdapat pada literatur. Perbedaan hasil pengamatan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu :

1. Kemungkinan komposisi bahan yang tidak uniform.
2. Kurangnya peralatan, seperti tidak adanya heat flow meter yang dapat mengukur panas yang diterima oleh bahan.
3. Masih adanya panas yang keluar dari bahan melalui penyekat.

Tabel 1. Perbandingan teori dengan praktek

No	Jenis Bahan	Teori k (Watt/m °C)	Praktek k (Watt/m °C)
1.	Aluminium Murni	202	222,706
2.	Baja tahan karat (18% Cr, 8% Ni)	45	57,426
3.	Baja karbon (0,5% C)	54	66,314

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Semakin besar nilai konduktivitas termal suatu bahan maka bahan tersebut merupakan suatu konduktor yang baik.
2. Alumunium murni merupakan konduktor yang sangat baik dibandingkan dengan Baja karbon dan Baja tahan karat, hal itu dapat dilihat berdasarkan hasil percobaan dimana nilai konduktivitas termal Alumunium murni lebih besar dibandingkan dengan bahan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J.P.** *Perpindahan Kalor*, terjemahan oleh Ir. E. Jasfi M.Sc, Erlangga, Jakarta, 1984.
- Harris, Norman. C. Hemmerling, Edwin M. Mallmann, A. James.** *Physics Principles And Application*, 5 rd ed, Gregg Division, Mc Graw-Hill Publishing Company.
- Jerrad, H.G. Mc Neill, D.R.** *Theoretical and Experimental Physics*, Reinhold Publishing Corporation, New York, 1960.
- Kreith, Frank.** *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, terjemahan oleh Arka Prijono, M.Sc, Edisi ketiga, erlangga, Jakarta, 1986.
- Reynold, William C. Perkins, Hendry C.** *Termodinamika teknik*, terjemahan oleh Ir. Filino Harahap, M.Sc. P.hD. Pantur Silaban, P.hD., Edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Schonmetz, Alois Ing. Gruber, Karl.** *Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam*, Edisi pertama, Angkasa, Bandung. 1985.