

ANALISIS KONDUKTIVITAS TERMAL PADA MATERIAL LOGAM (TEMBAGA, ALUMINIUM DAN BESI)

Joko Prihartono¹⁾; Rafsyanzani Irhamsyah²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Tama Jagakarsa

Email: prihartonojoko2463@gmail.com

ABSTRAK

Konduktivitas termal merupakan suatu parameter yang diperlukan pada *implementasi* material yang berhubungan dengan penghantar, kawat listrik, *heat exchanger* dan lain sebagainya. Untuk mengetahui nilai konduktivitas termal suatu bahan selain dengan melihat tabel yang ada, adalah dengan cara melakukan pengujian dengan alat uji konduktivitas termal. Alat uji ini digunakan untuk mengukur besarnya perpindahan panas dari material uji yaitu tembaga, aluminium dan baja karbon. Data dari hasil proses pengukuran tersebut digunakan untuk menghitung besarnya konduktivitas termal yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai koefisien standar dari masing-masing benda uji. Besarnya nilai konduktivitas termal dari perhitungan adalah tembaga : $29,45 \times 10^1$ W/m K, aluminium: $30,77 \times 10^1$ W/m K dan baja karbon $26,68 \times 10^1$ W/m K. Bila dibandingkan nilai konduktivitas termal hanya tembaga yang mendekati dengan nilai koefisien konduktivitas termal standar. Alat uji konduktivitas termal ini dapat bekerja dengan baik untuk mengukur besarnya perpindahan panas berbagai logam dan dapat digunakan untuk praktikum di laboratorium perpindahan panas

Kata kunci : Konduktivitas, *thermal*, material, penghantar

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas melalui perantara dimana, zat perantaranya tidak ikut berpindah. Panas akan mengalir melalui zat perantaranya dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Material yang bisa menghantarkan panas secara konduksi sebagian besar adalah logam. Setiap material logam memiliki kemampuan menghantarkan panas yang berbeda-beda sesuai dengan kandungan yang terdapat pada logam tersebut. Untuk mengetahui seberapa cepat dan seberapa besar material dapat menghantarkan panas dan seberapa besar suhu yang dapat berubah pada material tersebut. Maka kita harus mengetahui konduktivitas termal pada material tersebut.

Konduktivitas termal adalah kemampuan bahan dalam meneruskan panas dari suatu

tempat ke tempat yang lainnya. Konduktivitas termal diperlukan untuk mengelompokkan suatu material tergolong dalam jenis konduktor atau insulator. Penggolongan ini untuk mempermudah suatu penggunaan bahan sesuai dengan nilai konduktivitas termal bahan tersebut. Untuk mengetahui nilai konduktivitas termal suatu bahan selain dengan melihat tabel yang ada, adalah dengan cara melakukan pengujian dengan alat uji konduktivitas termal.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu bagaimana analisa alat uji konduktivitas termal yang dapat digunakan dan bermanfaat sebagai alat praktikum di laboratorium

Batasan Masalah

Analisa hasil pengujian dari alat uji konduktivitas termal pada material aluminium, tembaga dan besi

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perpindahan Panas

Perpindahan kalor/panas dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga jenis cara perpindahan panas yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Analisis Konduktivitas Termal Pada Material Logam (Tembaga, Aluminium Dan Baja karbon). Merupakan konduksi proses perpindahan energi dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang bertemperatur rendah, akibat adanya pergerakan elektron panas akan berpindah secara estafet dari satu partikel ke partikel yang lainnya dalam medium tersebut. Konveksi merupakan proses perpindahan energi panas melalui pergerakan molekul-molekul *fluida* (gas dan cair) akibat adanya perbedaan temperatur. Sedangkan radiasi merupakan proses perpindahan energi panas tanpa melalui medium perantara. Radiasi terjadi pada setiap benda dimana suatu benda memancarkan gelombang elektromagnetik dengan *flux* radiasi yang ditentukan oleh temperatur benda tersebut (Hukum *Stefan-Boltzman*).

Menurut *J.P Holman* (terjemahan Ir. E. Jasifi, M. Sc, 2018:1), “Perpindahan kalor atau alih bahan (*heat transfer*) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu diantara benda atau material”. *Frank Keith* (terjemahan Arko Prijono, M. Sc, 2018:1) berpendapat “Bila dalam suatu sistem terdapat *gradien* suhu atau bila dua sistem yang suhunya berbeda disinggung maka akan terjadi perpindahan energi. Proses dengan transport energi itu berlangsung disebut sebagai perpindahan panas”.

Proses perpindahan panas secara konduksi adalah suatu proses perpindahan energi panas dimana energi panas tersebut mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium padat atau *fluida* yang diam. Persamaan umum laju konduksi untuk perpindahan panas dengan cara konduksi dikenal dengan hukum *Fourier* (*Fourier's law*) yang dipersamakan seperti dibawah :

$$q_k = -k \cdot A \cdot \frac{dt}{dx}$$

dengan :

q_k = laju perpindahan panas konduksi (Watt)

k = konduktivitas termal bahan (W/m°C)

A = luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m²)

dt/dx = gradient temperature terhadap arah x (C/m)

Perpindahan Panas Konduksi

Proses perpindahan panas secara konduksi adalah suatu proses perpindahan energi panas dimana energi panas tersebut mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah dalam suatu medium padat atau *fluida* yang diam atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung.

Dasar hukum yang digunakan dalam perpindahan panas konduksi adalah hukum *Fourier* (*Fourier's law*) yang menyatakan bahwa tingkat (*rate*) perpindahan panas melalui sebuah material adalah berbanding lurus dengan gradien negatif pada suhu dan luas, pada sudut siku pada *gradien* tersebut, Melalui dimana panas mengalir. Dengan persamaan seperti dibawah:

$$q_k = kA \cdot \frac{T_1 - T_2}{dx} = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

Dengan:

q_k = laju perpindahan panas konduksi (Watt)

k = konduktivitas termal bahan (W/m°C)

A = luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = gradient suhu terhadap arah x (C/m)

Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi dari suatu permukaan media padat atau *fluida* yang diam menuju *fluida* yang mengalir atau bergerak.

Laju perpindahan panas konveksi mengacu pada hukum *Newton* tentang pendinginan (*Newton's Law Of Cooling*) (*Incopera and dewit*).

Perpindahan Panas Radiasi

Perpindahan panas radiasi dapat dikatakan sebagai proses perpindahan panas dari suatu media ke media lain akibat perbedaan temperatur tanpa memerlukan media perantara.

Konduktifitas Termal

Konduktifitas termal suatu benda merupakan kemampuan yang dimiliki suatu benda dalam memindahkan kalor melalui benda tersebut. Benda yang mempunyai konduktifitas termal (k) yang tinggi maka merupakan penghantar kalor yang baik, begitu sebaliknya.

Berdasarkan hukum *Fourier* yang berlaku pada perpindahan panas konduksi,

$$qk = -k \cdot A \frac{dT}{dx}$$

Maka persamaan untuk mencari nilai konduktifitas termal dari suatu bahan adalah:

$$k = - \frac{qk \cdot dx}{A \cdot dT}$$

dengan:

k = konduktifitas termal bahan ($W/m^{\circ}C$);

qk = laju perpindahan panas konduksi (Watt);

A = luas penampang tegak lurus terhadap arah aliran panas (m^2);

$\frac{dT}{dx}$ = gradient temperature terhadap arah x (C/m)

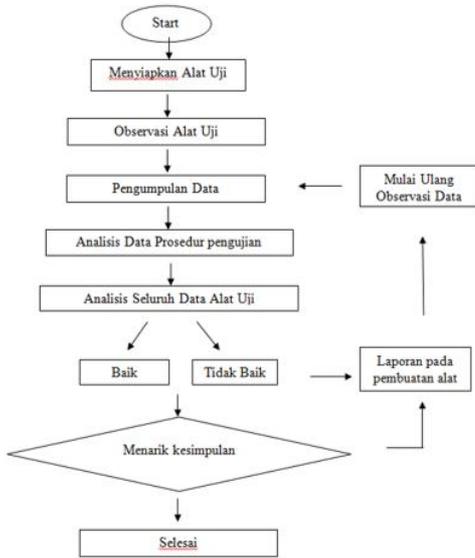
Konduktifitas Termal

Konduktifitas termal suatu benda merupakan kemampuan yang dimiliki suatu benda dalam memindahkan kalor melalui benda tersebut. Benda yang mempunyai konduktifitas termal (k) yang tinggi maka merupakan penghantar kalor yang baik, begitu sebaliknya. Benda yang mempunyai konduktifitas termal (k) yang rendah maka merupakan penghantar kalor yang buruk. Dari nilai konduktifitas termal tersebut dapat digolongkan material tersebut konduktor atau isolator. Konduktor adalah jenis bahan yang memiliki konduktifitas yang baik atau menghantarkan panas yang baik. Isolator adalah jenis bahan yang memiliki konduktifitas jelek atau kemampuan menghantarkan panasnya tidak baik. Berikut ini merupakan 51 energi konduktifitas dari berbagai macam benda.

Table 1. Daftar Konduktifitas Logam

Konduktifitas Termal (k)		
Bahan	W/m. $^{\circ}C$	Btu/h.ft. $^{\circ}F$
Logam		
Perak (murni)	410	237
Tembaga (murni)	385	223
Aluminium (murni)	202	117
Nikel (murni)	93	54
Besi (murni)	73	42
Baja karbon, 1% C	43	25
Timbal (murni)	35	20,3
Baja krom-nikel (18%Cr, 8% Ni)	16.3	9.4
Bukan Logam		
Kuarsa (sejajar sumbu)	41.6	24
Magnesit	4.15	2.4
Marmar	2.08-2.94	1.2-1.7
Batu pasir	1.83	1.06
Kaca, jendela	0.78	0.45
Kayu maple atau ek	0.17	0.096
Serbuk gergaji	0.059	0.034
Wol kaca	0.038	0.022
Zat Cair		
Air raksa	8.21	4.74
Air	0.556	0.327
Ammonia	0.540	0.312
Minyak lumas, SAE 50	0.147	0.085
Freon 12, CCl ₂ F ₂	0.073	0.042
Gas		
Hidrogen	0.175	0.101
Helium	0.141	0.081
Udara	0.024	0.0139
Uap air (jenuh)	0.0206	0.0119
Karbon dioksida	0.0146	0.00844

3. METODE PENELITIAN



Gambar 3.1. *Flow chart* penelitian Material alat uji
a. Material Alat Uji Logam tembaga



Gambar 3.2 Material Alat Uji Logam tembaga

b. Material Alat Uji Logam Alumunium 6061 (Al)



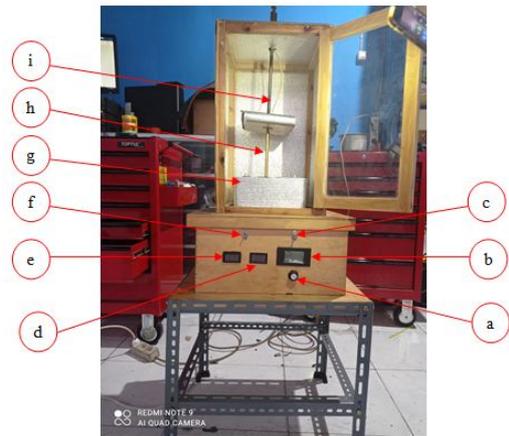
Gambar 3.3 Material Alat Uji Logam Alumunium 6061 (Al)

c. Material Alat Uji Logam Baja karbon S45C



Gambar 3.4 Material Alat Uji Logam Baja karbon S45C

d. Alat uji konduktifitas termal



Gambar 3.5 Alat uji konduktifitas termal

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Pengujian Benda Uji Tembaga

Data hasil pengujian dengan tegangan 100 V dan data diambil per 1 menit sebanyak 10 kali adalah :

Tabel 2. Hasil pengujian alat uji tembaga dengan tegangan 100 V

No	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	I (Ampere)
1	46.1	33.8	12.3	0.031
2	49.9	35.0	14.9	0.031
3	52.0	35.5	16.5	0.032
4	54.0	36.5	17.5	0.031
5	56.0	37.3	18.7	0.031
6	57.9	38.0	19.9	0.032
7	60.0	38.7	21.3	0.033
8	61.8	39.5	22.3	0.032
9	63.3	40.0	23.3	0.032
10	64.9	40.8	24.1	0.032
Rata-rata	56.59	37.51	19.08	0.032

Data hasil pengujian dengan tegangan 150 V dan data diambil per 1 menit sebanyak 10 kali adalah :

Tabel 3. Hasil pengujian alat uji tembaga dengan tegangan 150 V

No	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	I (Ampere)
1	71.0	42.9	28.1	0.047
2	74.6	43.5	31.1	0.047
3	78.5	44.3	34.2	0.047
4	82.0	45.3	36.7	0.047
5	86.0	46.4	39.6	0.047
6	89.5	47.4	42.1	0.047
7	93.0	48.4	44.6	0.046
8	95.5	49.0	46.5	0.046
9	98.7	50.3	48.4	0.047
10	102	51.5	50.5	0.047
Rata-rata	87.08	46.9	40.18	0.047

Data Hasil Pengujian Benda Uji Alumunium

Data hasil pengujian dengan tegangan 100 V dan data diambil per 1 menit sebanyak 10 kali adalah :

Tabel 4. Hasil pengujian alat uji alumunium dengan tegangan 100 V

No	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	I (Ampere)
1	47.33	36.7	10.63	0.030
2	49.2	37.0	12.2	0.031
3	51.8	37.4	14.4	0.030
4	54.4	37.8	16.6	0.031
5	56.9	38.3	18.6	0.032
6	59.4	39.0	20.4	0.032
7	61.7	39.5	22.2	0.031
8	63.9	40.0	23.9	0.031
9	65.9	40.9	25	0.032
10	67.8	41.5	26.3	0.033
Rata-rata	57.83	38.81	19.02	0.031

Data hasil pengujian dengan tegangan 150 V dan data diambil per 1 menit sebanyak 10 kali adalah :

Tabel 5. Hasil pengujian alat uji Alumunium dengan tegangan 150 V

No	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	I (Ampere)
1	71.9	42.7	29.2	0.047
2	75.9	43.6	32.3	0.047
3	79.7	44.4	35.3	0.046
4	84.4	45.3	39.1	0.046
5	88.4	46.4	42	0.046
6	92.2	47.4	44.8	0.046
7	95.8	48.6	47.2	0.046
8	98.8	49.7	49.1	0.048
9	102	50.9	51.1	0.048
10	105	52.2	52.8	0.048
Rata-rata	89.41	47.12	42.29	0.047

Data Hasil Pengujian Benda Uji Baja Karbon

Data hasil pengujian dengan tegangan 100 V dan data diambil per 1 menit sebanyak 10 kali adalah :

Tabel 6. Hasil pengujian alat uji baja karbon dengan tegangan 100 v

No	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	I (Ampere)
1	48.0	33.8	14.2	0.030
2	51.0	34.2	16.8	0.031
3	53.6	34.4	19.2	0.031
4	56.5	35.0	21.5	0.031
5	59.0	35.6	23.4	0.031
6	61.0	36.1	24.9	0.031
7	63.2	36.6	26.6	0.031
8	65.3	37.2	28.1	0.031
9	67.0	37.9	29.1	0.031
10	68.5	38.4	30.1	0.033
Rata-rata	59.31	35.92	23.39	0.031

Data hasil pengujian dengan tegangan 150 V dan data diambil per 1 menit sebanyak 10 kali adalah :

Tabel 7. Hasil pengujian alat uji baja karbon dengan tegangan 150 V

No	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	I (Ampere)
1	72.4	39.1	33.3	0.047
2	76.4	39.8	36.6	0.047
3	80.8	40.5	40.3	0.047
4	85.0	41.2	43.8	0.047
5	89.4	42.0	47.4	0.048
6	93.2	42.8	50.4	0.047
7	97.0	43.6	53.4	0.047
8	100	44.3	55.7	0.047
9	104	45.4	58.6	0.047
10	107	46.2	60.8	0.047
Rata-rata	90.52	42.49	48.03	0.047

Perbandingan Hasil Pengujian Menggunakan Alat Uji konduktifitas Termal Dengan Nilai Standar

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai rata-rata konduktivitas termal setiap pengujian yang selanjutnya dibandingkan dengan nilai koefisien konduktivitas termal standar dari setiap benda uji.

Tabel 8. Perbandingan konduktivitas termal dengan menggunakan alat uji dengan nilai standar

No	Jenis Bahan	Teori k(Watt/m°C)	Praktek k(Watt/m°C)
1	Tembaga 100V	38.5×10^1	294,25
2	Temabaga 150V	38.5×10^1	294,76
3	Alumunium 100V	$20,2 \times 10^1$	303,461
4	Alumunium 150V	$20,2 \times 10^1$	312,138
5	Baja karbon 100V	$4,3 \times 10^1$	253,279
6	Baja karbon 150V	$4,3 \times 10^1$	280,477

Dari tabel 8 terlihat bahwa nilai konduktivitas termal dari pengujian bila dibandingkan dengan koefisien standar memiliki perbedaan. Dari ketiga material yang dilakukan pengujian, hasil pengujian pada material tembaga adalah yang paling mendekati dengan nilai koefisien standar. 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 disuhu yang lebih rendah.

5. KESIMPULAN

1. Konduktifitas termal rata-rata tembaga pada tegangan 100V sebesar 294,25 w/m°C sedangkan pada tegangan 150V sebesar 294,76 w/m°C.
2. Konduktifitas termal rata-rata aluminium pada tegangan 100V sebesar 303,461 w/m°C sedangkan pada tegangan 150V sebesar 312,138 w/m°C.
3. Konduktifitas termal rata-rata besi pada tegangan 100V sebesar 253,259 w/m°C

sedangkan pada tegangan 150V sebesar 280,477 w/m°C.

4. Konduktifitas termal rata-rata hasil pengujian yang mendekati dengan nilai koefisien konduktifitas termal sesuai standar adalah tembaga
5. Alat uji konduktivitas termal ini dapat bekerja dengan baik untuk mengukur besarnya perpindahan panas berbagai logam dan dapat digunakan untuk praktikum di laboratorium perpindahan panas

DAFTAR PUSTAKA

1. Holman, J.P., (1994), "Perpindahan Panas", Erlangga, Jakarta
2. Kreith, Frank., (1997), "Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas", Erlangga, Jakarta
3. Mindaryani, Aswati dan Hanifrahman Sudibyo, (2020), "Operasi Perpindahan Massa dan Panas", Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
4. Sucipto, Priangkoso,T., dan Darmanto.,(2013), "Analisa Konduktifitas Termal", Negeri Surabaya University, Surabaya
5. Yunus, Asyari D., (2019) "Perpindahan Panas dan Masa" Teknik Mesin, Universitas Darma Persada, Jakarta