

**PEMBUATAN ALAT UKUR KONDUKTIVITAS
BAHAN SATU DIMENSI**

**THE CONSTRUCTION OF ONE-DIMENSION
MATERIAL'S CONDUCTIVITY MEASUREMENT INSTRUMENT**

Samsudi Raharjo

Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin UNIMUS

ABSTRACT

This research is aimed at comparing between temperature conductivity grade which has been measured and material conductivity grade that will be researched through serial connection. By heating some material surface and measuring other material one, consequently hot temperature will occur. Whereas variables affecting the height of q_k is A , dT/dX . To determine the height of k is by means of calculating it based on the result of the research of material temperature which occurs in temperature detector. Subsequently, material conductivity, after its variables are known, is calculated by analyzing the regression and average of mean. The calculation result is following below :

$KA = 15,682$, $k_B = 3,684$ dan $k_C = 5,535$ watt/m^oC.

The calculation result is then calibrated with actual temperature, and the result is approaching copper, bronze and steel conductivity grade.

Key word : Conductor, Conductivity, Material.

PENDAHULUAN

Bila suatu bahan kalor dinaikan geterannya makin bertambah cepat dan molekul-molekulnya memiliki energi gerak yang semakin besar, Sumber kalor diambil dari energi listrik, seperti halnya seterika dan pemanggang listrik [Ref.4 hal.14]. Kalor dapat merambat dengan tiga cara yaitu ; dengan konduksi, dengan konveksi dan dengan radiasi.

Perpindahan panas dapat didefinisikan energi dari satu daerah ke daerah lainya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut. Salah satu cara perpindahan panas adalah perpindahan secara

konduksi yang juga dikenal dengan hantaran.

Konduksi adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang bersuhu rendah didalam suatu medium atau antara medium-medium yang berlainan dan bersentuhan langsung.

Secara umum perpindahan panas konduksi dapat dituliskan dalam hubungan :

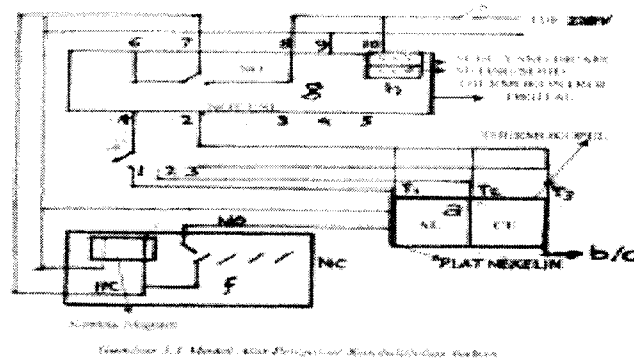
$$q_k = -kA \cdot \frac{dT}{dx}$$

dimana q_k menyatakan aliran panas konduksi, A adalah luas permukaan, dT/dX adalah gradien suhu dan k adalah konduktivitas bahan. Kalau kita lihat persamaan diatas, ada tiga

hal yang mempengaruhi besarnya q_k yaitu ; A , dT/dX dan k , untuk menentukan besarnya A dan dT/dX sudah ada alat Bantu yang digunakan untuk menentukan besarnya. Tetapi alat untuk menentukan besarnya k masih jarang, sementara itu data konduktivitas bahan sangatlah penting dalam perpindahan panas, maka mengingat pentingnya data k dari suatu bahan dalam penelitian ini dibuatlah ; Alat ukur konduktivitas bahan satu dimensi. Untuk menentukan : nilai konduktivitas suatu bahan, menentukan teori-teori pendukung dan rumus-rumus dan menjelaskan cara kerja alat ukur konduktivitas bahan satu dimensi.

BAHAN DAN METODA

Dalam pembuatan alat ukur konduktivitas bahan satu dimensi, dipergunakan bahan Alluminium dengan nilai $k = 17,83 \text{ watt/mOC}$ yang telah diuji di Pusat Antar Universitas { PAU } Universitas Gajah Mada Yogyakarta, dengan bahan yang dicari sejumlah 3 bahan uji sejenis ferro, dimensi masing-masing bahan berbentuk kubus, yang sisi-sisinya berukuran 40 mm, aliran panas dianggap satu arah dan isolator sempurna dicetak paduan ; asbes, resin dan katalis. Adapun model alat ukur konduktivitas bahan satu dimensi seperti lihat gambar dibawah.



Keterangan bahan yang digunakan ;

- a. benda uji terdiri dari tembaga, kuningan dan besi
- b. rumah bahan uji
- c. klem penjepit
- d. elemen pemanas 65 watt
- e. termokopel type k
- f. kontak magnetic
- g. termokopel digital
- h. table pencatat
- i. termometer

Penelitian ini adalah penelitian eksperimen yang mengembangkan alat ukur konduktivitas bahan satu

dimensi, dan telah dimanfaatkan Pusat Antar Universitas {PAU} Universitas Gajah Mada. perbedaan

alat ini dengan alat yang sesungguhnya terletak pada bentuk dimensi dan system pendinginannya dan prinsip penelitian ini dikerjakan dalam empat tahapan ; tahap pertama meliputi pembuatan prototype model alat ukur kunduktivitas skala laboratorium, kalibrasi, uji laboratorium dan menggunakan statistik regresi dan rata-rata mean. Sedangkan data yang digunakan alat ukur ini adalah data primair yaitu hasil uji Alluminium Oksid {AlO₃} dengan nilai k sebesar 17,83 watt/moC.

HASIL

Dengan melaksanakan pengujian dan pengamatan , kemudian dengan hati-hati mencatat variable waktu, suhu masing-masing termokopel dan panjang benda uji dengan hasil pengujian sebagai berikut :

Data Hasil Pengukuran Suhu Pada Alat Konduktivitas Bahan Satu Dimensi

Kalibrasi Alat

Alat ukur dikalibrasi dengan kalibrator untuk mendapatkan persamaan

$$T_a = a + bT_r$$

Bahan : A L = 40 mm

| No | Waktu (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) |
|----|---------------|---------|---------|---------|
| 1 | 5 | 45 | 41 | 40 |
| 2 | 6 | 50 | 46 | 45 |
| 3 | 7 | 54 | 48 | 47 |
| 4 | 8 | 57 | 51 | 49 |
| 5 | 9 | 60 | 53 | 51 |
| 6 | 10 | 64 | 57 | 54 |
| 7 | 11 | 67 | 60 | 58 |
| 8 | 12 | 69 | 64 | 62 |
| 9 | 13 | 74 | 67 | 66 |
| 10 | 14 | 76 | 70 | 69 |

Tabel 3.4.2b Bahan B

Bahan : B L = 40 mm

| No | Waktu (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) |
|----|---------------|---------|---------|---------|
| 1 | 5 | 47 | 42 | 40 |
| 2 | 6 | 52 | 47 | 44 |
| 3 | 7 | 58 | 52 | 46 |
| 4 | 8 | 61 | 55 | 48 |
| 5 | 9 | 64 | 58 | 52 |
| 6 | 10 | 67 | 61 | 54 |
| 7 | 11 | 69 | 63 | 56 |
| 8 | 12 | 73 | 66 | 58 |
| 9 | 13 | 76 | 69 | 60 |
| 10 | 14 | 79 | 72 | 65 |

Tabel 3.4.2c Bahan C

Bahan : C L = 40 mm

| No | Waktu (menit) | T1 (°C) | T2 (°C) | T3 (°C) |
|----|---------------|---------|---------|---------|
| 1 | 5 | 49 | 44 | 42 |
| 2 | 6 | 53 | 47 | 45 |
| 3 | 7 | 57 | 51 | 47 |
| 4 | 8 | 61 | 55 | 49 |
| 5 | 9 | 65 | 59 | 53 |
| 6 | 10 | 68 | 62 | 55 |
| 7 | 11 | 71 | 65 | 57 |
| 8 | 12 | 74 | 67 | 60 |
| 9 | 13 | 77 | 69 | 63 |
| 10 | 14 | 81 | 73 | 66 |

Tabel 3.4.4 Perhitungan hasil uji Kalibrasi antara Termometer aktual dengan Termometer Termokopel (T_a : T_T)

Tabel 3.4.4 Hasil Kalibrasi ketiga bahan uji

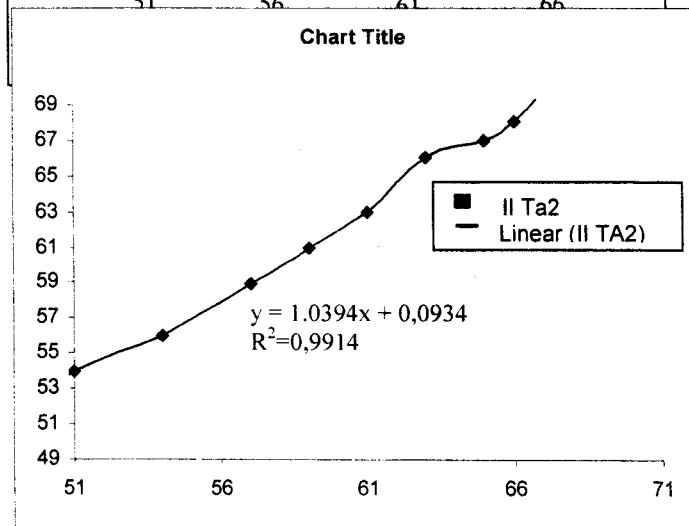
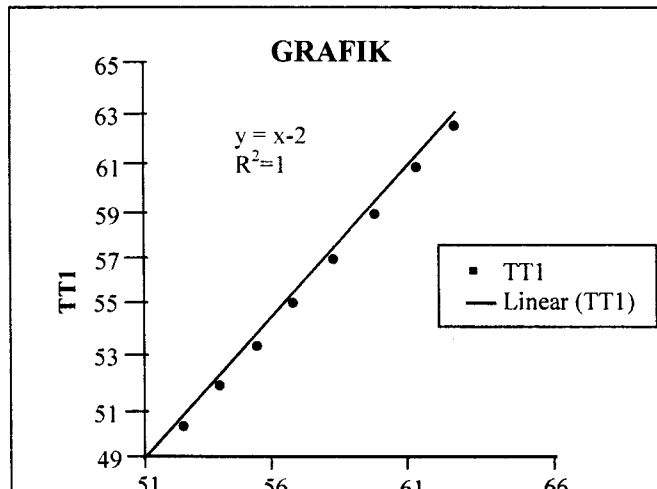
| T _{a1} | T _{T1} |
|-----------------|-----------------|
| 51 | 49 |
| 53 | 51 |
| 55 | 53 |
| 57 | 55 |
| 59 | 57 |
| 61 | 59 |
| 63 | 61 |
| 65 | 63 |
| 66 | 64 |
| 67 | 65 |

| T _{T2} | T _{a2} |
|-----------------|-----------------|
| 49 | 51 |
| 51 | 54 |
| 54 | 56 |

Tabel 1 Suhu T₁

| | |
|----|----|
| 59 | 61 |
| 61 | 63 |
| 63 | 66 |
| 65 | 67 |
| 66 | 69 |
| 67 | 70 |
| 68 | 72 |

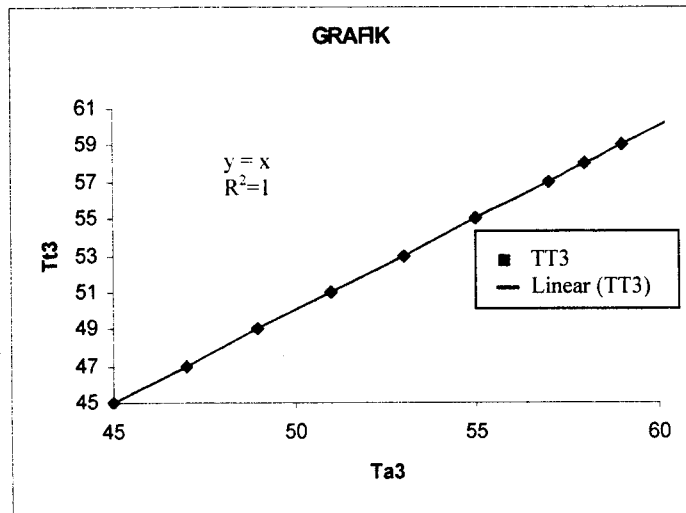
Tabel 2 Suhu T₂



Grafik 2 Diagram Scater Kalibrasi T2

| | |
|-----------------|-----------------|
| T _{a3} | T _{T3} |
| 45 | 45 |
| 47 | 47 |
| 49 | 49 |
| 51 | 51 |
| 53 | 53 |
| 55 | 55 |
| 57 | 57 |
| 58 | 58 |
| 59 | 59 |
| 61 | 61 |

Tabel 3 Suhu T₃



Didapatkan persamaan :

1. $T_{a1} = -2 + T_{T1}$
2. $T_{a2} = 0,0934 + 1,0394 T_{T2}$
3. $T_{a3} = T_{T3}$

Grafik 3 Diagram Scater Kalibrasi T₃

dan non-aktifitas suhu yang uji, unitung uengan persamaan rumus konduktivitas seperti pada tabel 3.5.1a, b dan c

3.5 Analisis

Analisa data dilakukan dengan menghitung hasil pengamatan

Tabel 3.5.1a Data hasil pengukuran suhu untuk menghitung nilai konduktivitas bahan A setelah dikalibrasi

Bahan : A L = 40 mm

| No | Waktu (menit) | T1 (oC) | T2 (oC) | T3 (oC) | k _i |
|----|---------------|---------|---------|---------|----------------|
| 1 | 5 | 46 | 42,75 | 40 | 21,01 |
| 2 | 6 | 50 | 47,91 | 45 | 12,80 |
| 3 | 7 | 53 | 50,02 | 47 | 17,59 |
| 4 | 8 | 56 | 53,14 | 49 | 12,32 |
| 5 | 9 | 59 | 55,26 | 51 | 15,63 |
| 6 | 10 | 63 | 59,38 | 54 | 11,99 |
| 7 | 11 | 67 | 62,54 | 58 | 17,52 |
| 8 | 12 | 70 | 66,69 | 62 | 13,84 |
| 9 | 13 | 73 | 69,77 | 66 | 15,28 |
| 10 | 14 | 77 | 72,89 | 69 | 18,84 |
| | | | | Σ | 156,82 |

$$\bar{k} = \frac{\sum k_i}{n} = \frac{156,82}{10}$$

= 15,682 watt/m⁰C
 nilai k_A = 15,682 watt/m⁰C
 mendekati nilai k Copper lithium Oxide

$$s = \sqrt{\frac{\sum (k - k_i)^2}{n - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{93,8244}{9}}$$

$$= 3,23$$

$$= 0,03$$

karena $s < 5\%$ maka hasil pengujian bahan A signifikan

Tabel 3.5.1b Data hasil pengukuran suhu untuk menghitung nilai konduktivitas bahan B setelah dikalibrasi

Bahan : B L = 40 mm

| No | Waktu (menit) | T1 (oC) | T2 (oC) | T3 (oC) | k _i |
|----|---------------|---------|---------|---------|----------------|
| 1 | 5 | 45 | 43,75 | 40 | 5,94 |
| 2 | 6 | 50 | 48,95 | 44 | 3,78 |
| 3 | 7 | 56 | 54,15 | 46 | 4,04 |
| 4 | 8 | 59 | 57,26 | 48 | 3,35 |
| 5 | 9 | 62 | 60,38 | 52 | 3,45 |
| 6 | 10 | 65 | 63,50 | 54 | 2,82 |
| 7 | 11 | 67 | 65,60 | 56 | 2,60 |
| 8 | 12 | 71 | 68,69 | 58 | 3,85 |
| 9 | 13 | 74 | 71,81 | 60 | 3,30 |
| 10 | 14 | 77 | 74,93 | 65 | 3,71 |
| | | | | Σ | 36,84 |

$$\bar{k} = \frac{\sum k_i}{n}$$

$$= \frac{36,84}{10}$$

= 3,684 watt/m⁰C
 nilai k_B = 3,684 watt/m⁰C
 mendekati nilai k Coball
 Nickle Oxide

$$s = \sqrt{\frac{\sum (k - k_i)^2}{n - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{18,6017}{9}}$$

$$= 1,44$$

$$= 0,014$$

karena $s < 5\%$ maka hasil pengujian bahan B signifikan

Tabel 3.5.1c Data hasil pengukuran suhu untuk menghitung nilai konduktivitas bahan C setelah dikalibrasi

Bahan : C L = 40 mm

| No | Waktu (menit) | T1 (oC) | T2 (oC) | T3 (oC) | k _i |
|----|---------------|---------|---------|---------|----------------|
| 1 | 5 | 47 | 45,83 | 42 | 5,45 |
| 2 | 6 | 51 | 48,98 | 45 | 9,04 |
| 3 | 7 | 55 | 53,10 | 47 | 5,55 |
| 4 | 8 | 59 | 56,25 | 49 | 6,76 |
| 5 | 9 | 63 | 61,42 | 53 | 3,35 |
| 6 | 10 | 66 | 63,50 | 55 | 5,24 |

| | | | | | |
|----|----|----|-------|----------|-------|
| 7 | 11 | 69 | 66,65 | 57 | 4,34 |
| 8 | 12 | 72 | 69,78 | 60 | 4,05 |
| 9 | 13 | 75 | 71,85 | 63 | 6,34 |
| 10 | 14 | 79 | 76,05 | 66 | 5,23 |
| | | | | Σ | 55,35 |

$$\bar{k} = \frac{\sum k_i}{n}$$

$$= \frac{55,35}{10}$$

$$= 5,535 \text{ watt/m}^0\text{C}$$

nilai $k_C = 5,535 \text{ watt/m}^0\text{C}$
mendekati nilai k Iron Oxide
(Fe_2O_3)

$$s = \sqrt{\frac{\sum (k - k_i)^2}{n - 1}}$$

$$= \sqrt{\frac{21,4609}{9}}$$

$$= 1,54$$

$$= 0,015$$

karena $s < 5\%$ maka hasil
pengujian bahan C signifikan

Analisis untuk masing-masing
bahan hasil pengukuran
dihitung dengan analisis rata-
rata sedangkan untuk
memperoleh nilai
konduktivitas k_i dihitung
dengan rumus:

$$q = K_{Al} \frac{T_1 - T_2}{L} = K_{Cu} \frac{T_2 - T_3}{L}$$

Kemudian untuk mencari nilai
konduktivitas rata-rata dengan
rumus:

a.

$$K_A = \frac{\sum k_i}{n} = 15,682 \text{ watt/m}^0\text{C}$$

b.

$$K_B = \frac{\sum k_i}{n} = 3,684 \text{ watt/m}^0\text{C}$$

c.

$$K_C = \frac{\sum k_i}{n} = 5,535 \text{ watt/m}^0\text{C}$$

PEMBAHASAN

1. Hasil pengukuran konduktivitas
bahan

Model pendekatan
analisis statistik rata-rata mean
terhadap pengukuran nilai
konduktivitas bahan (k) yang
telah dihasilkan dapat dikatakan
cukup valid dengan
menggunakan pengamatan
kejadian-kejadian proses kerja
alat konduktivitas bahan yang
dilaengkapi dengan sensor suhu
digital, sehingga memudahkan
penguji dalam mencatat interval
suhu.

Disamping itu sensor
suhu dalam bentuk digital adalah
alat ukur yang paling tepat,
karena merupakan perbaikan
dari system analog dan
kemudian nilai konduktivitas
bahan A, B, dan C yang
dihasilkan tidak terlalu
menyimpang jauh dari tabel-
tabel standar, yaitu :

$K_A = 15,682 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$
mendekati copper oxide

$K_B = 3,648 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$
mendekati coball nickel oxide

$K_C = 5,535 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$
mendekati iron oxide (Fe_2O_3)

Dengan demikian besarnya konduktivitas hasil pengujian dianggap sama dengan konduktivitas table dengan kata lain hasil nilai k hitung dari pengujian alat konduktivitas bahan satu diensi adalah signifikan dengan nilai tabel material pada halaman lampiran skripsi ini.

2. Kalibrasi dengan Alat Termometer

Untuk meyakinkan nilai konduktivitas bahan uji maasih dibandingkan dengan termometer aktual dan hasilnya menunjukkan suatu diagram scater dengan hubungan antara dY/dX yang positif, hal hal itu dielaskan dari hasil print out komputer dengan SPSS versi 10. menunjukkan nilai $F = 1034,923$ sangat jauh dari angka 1, jadi semua variabel bebas secara serentak dan signifikan mempengaruhi variabel terikat. Lihat hasil Regression (halaman paling belakang), bahwa koefisien determinasi (Adjusted R square) model tersebut sangat meyakinkan, yaitu sebesar 0,990 mendekati angka 1 dan hasil uji signifikan secara individual yaitu nilai $t = 0,48$ memperlihatkan bahwa semua variabel bebas yang signifikan bersama-sama mempengaruhi variable terikat.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengamatan di lapangan dan hasil analisis perpindahan kalor dari bahan padat ke bahan padat lainnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan pendekatan analisis rata-rata (mean) untuk menghitung nilai konduktivitas bahan satu dimensi dapat membuahkan hasil memuaskan dengan error/deviasi (s) untuk bahan A = 0,03%, bahan B = 0,014% dan bahan C = 0,015%
2. Nilai konduktivitas bahan dapat dihitung dengan rata-rata (mean) :
bahan $k_A = 15,682 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$ mendekati k Tembaga; $k_B = 3,684 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$ mendekati k Kuningan dan $k_C = 5,535 \text{ watt/m}^\circ\text{C}$ mendekati k Baja

SARAN

Penelitian lebih lanjut untuk pembuatan alat ukur konduktivitas bahan satu dimensi dapat dikembangkan dengan berbagai bentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Holman, JP, 1994, Perpindahan Kalor, Alih Bahasa, Erlangga, Jakarta.
- Kreith, Frank, 1989, Prinsip-prinsip perpindahan Panas, Erlangga, Jakarta.
- Raldi Artono Koestoer, 2002, Perpindahan Kalor, Untuk Mahasiswa Teknik, Edisi I, Salemba Teknika, Jakarta.
- Tata Surdia dan Shinroku Saito. 2000. Pengetahuan Bahan Teknik. Pradnya Paramita, Jakarta.