

4462
55
DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

SELESAI

PAMERAN

01 MAY 1990

PERANCANGAN RANGKAIAN ANTAR MUKA UNTUK PENGUKUR KONDUKTIVITAS PANAS

Ketua Peneliti :

Ir. Welina R.K.

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP OPF Unair 1993/1994

SK. Rektor Nomor : 3533/PT03.H/N/1993

Nomor Urut : 148

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA

PANAS

KKS

KK
536
Per

PERANCANGAN RANGKAIAN ANTAR MUKA UNTUK PENGUKUR KONDUKTIVITAS PANAS

Ketua Peneliti :

Ir. Welina R.K.

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

00166 1995 3141



MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai Oleh : DIP OPF Unair 1993/1994

SK.Rektor Nomor : 3533/PT03.H/N/1993

Nomor Urut : 148

SELESAI



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA

LEMBAGA PENELITIAN

Jl. Darmawangsa Dalam 2 Telp. (031) 42322 Surabaya 60286

IDENTITAS DAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN

1. a. Judul Penelitian : Perancangan Rangkaian Antar Muka Untuk Pengukur Konduktivitas Panas
- b. Macam Penelitian : (V) Fundamental, () Terapan, () Pengembangan
() Institusional
2. Kepala Proyek Penelitian
 - a. Nama Lengkap Dengan Gelar : Ir. Welina R.K.
 - b. Jenis Kelamin : W a n i t a
 - c. Pangkat/Golongan dan NIP : Penata Tk.I/IIIId/130 701 436
 - d. Jabatan Sekarang : Staf Pengajar
 - e. Fakultas / Jurusan : FMIPA/Fisika
 - f. Univ./Inst./Akademi : Universitas Airlangga
 - g. Bidang Ilmu Yang Diteliti : Fisika Eksperimental/Instrumentasi
3. Jumlah Tim Peneliti : 5 (lima) orang
4. Lokasi Penelitian : Lab. Fisika Eksperimental FMIPA Unair
5. Kerjasama dengan Instansi Lain
 - a. Nama Instansi : -
 - b. A l a m a t : -
6. Jangka Waktu Penelitian : 3 (tiga) bulan
7. Biaya Yang Diperlukan : Rp 1.500.000,00
8. Seminar Hasil Penelitian
 - a. Dilaksanakan Tanggal : 23 Februari 1995
 - b. Hasil Penilaian : ~~() Baik Sekali~~ (V) Baik
() Sedang () Kurang

Surabaya, 27 Februari 1995



Mengetahui/ Mengesahkan :
a. Rektor
Ketua Lembaga Penelitian,

Prof. Dr. Noor Cholies Zaini
NIP. 130 355 372



ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԻՆԻՍՏԵՐԱՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԿՐԹԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԻՆԻՍՏԵՐԱՆ
ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԿՐԹԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ԻՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՄԻՆԻՍՏԵՐԱՆ

PERANCANGAN RANGKAIAN ANTAR MUKA UNTUK PENGUKUR
KONDUKTIVITAS PANAS

PENELITI :

Ir. Welina R.K.
Ir. Suhariningsih
Ir. Trisnaningsih, M.Eng.Sc.
Drs. Adri Supardi, M.Sc.
Drs. Pujiyanto, M.S.

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS AIRLANGGA

00166 1995 3141

MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA

LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Dibiayai oleh : DIP OPF tahun 1993/1994

SK REKTOR Nomor : 3533/PT03.H/N/1993

RINGKASAN PENELITIAN

Judul Penelitian : PERANCANGAN RANGKAIAN ANTAR MUKA UNTUK PENGUKUR KONDUKTIVITAS PANAS

Ketua Peneliti : Ir. Welina R.K.

Anggota Peneliti : 1. Ir. Suhariningsih
2. Ir. Trisnaningsih, M.Eng.Sc.
3. Drs. Adri Supardi, M.Sc.
4. Pujiyanto, M.S.

Fakultas/Puslit : MIPA Universitas Airlangga

Sumber Biaya : DIP OPF tahun 1993/1994
SK Rektor Nomor : 3533/PT03.H/N/1993
tanggal 7 Mei 1993

Berbagai keperluan menyangkut pemakaian bahan perlu spesifikasi tertentu atas bahan yang dipilih. Salah satu spesifikasi tersebut adalah sifat hantaran panas atau konduktivitas panas bahan.

Pengukuran konduktivitas panas bahan sebetulnya dapat dilakukan dengan peralatan yang telah ada. Namun alat ini memiliki beberapa kekurangan antara lain : tidak dapat menyimpan data hasil pengukuran serta tidak mampu langsung memproses data. Kelemahan utama pada alat ini adalah adanya kesulitan untuk mengamati sejumlah termokopel dalam waktu yang singkat, hal ini selain disebabkan oleh terbatasnya kecepatan reaksi pengamat juga lambatnya tanggapan termometer digital terhadap perubahan suhu.

Untuk mengatasi kekurangan tersebut perlu dibuat alat pengontrol berupa rangkaian antar muka (*interface*) yang menghubungkan alat tersebut dengan perekam data. Perekam data yang digunakan adalah perekam data yang memiliki tanggapan cukup cepat terhadap perubahan tegangan pada termokopel sebagai akibat adanya perubahan suhu yang cepat pada bahan tersebut.

Dengan bantuan rangkaian antar muka, dapat dicatat suhu yang dihasilkan oleh masing-masing termokopel secara cepat dan otomatis, sehingga memungkinkan diperoleh jumlah data cukup banyak dalam waktu relatif singkat.

Dalam penelitian ini metode penelitian yang digunakan mencakup perancangan alat, perwujudan alat, uji coba alat yang sekaligus mencakup prosedur pengambilan data, analisis data, dan uji banding dengan data pada buku rujukan.

Hasil pengukuran konduktivitas panas logam aluminium merupakan fungsi suhu. Adapun hasil pengukuran tersebut tidak berbeda secara nyata bila dibandingkan dengan data pada buku rujukan. Hal ini didukung hasil analisis statistik yakni uji beda dengan menggunakan uji-t.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, hanya berkat karunia-Nya, penelitian dan tulisan ini dapat terwujud.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan makalah ini.

Penulis harapkan dengan penelitian dan tulisan ini dapat membawa manfaat bagi pihak-pihak yang berkaitan, terutama mahasiswa bidang minat Fisika Eksperimental dan Instrumentasi.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tulisan ini oleh karena itu segala saran dan kritik membangun sangat kami harapkan.

Surabaya, 1994

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Hasil Penelitian	4
1.5. Asumsi Penelitian	4
1.6. Hipotesis Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Perpindahan Kalor Kuduksi	7
2.2. Konduksi Keadaan Tunak Satu Dimensi	8
2.2.1. Dinding Datar	8
2.2.2. Dinding Datar Komposit	10
2.3. Alat Ukur Konduktivitas Termal Logam	11
2.3.1 Alat Ukur Konduktivitas Panas Logam (OSK 4565A)	11
2.3.2 Alat Perekam Suhu (Temperature Recorder)	14
2.3.3 Rangkaian Antar Muka (<i>Channel Selector</i>)	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	18
3.1. Perwujudan Alat	18

3.2. Prosedur Pengambilan Data	20
3.2.1 Persiapan Bahan Uji	20
3.2.2. Persiapan Alat Ukur Konduktivitas Panas	21
3.3. Data Hasil Pengamatan	23
3.4. Analisis Data	26
BAB 4 PEMBAHASAN	35
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran-saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN I : DATA PENGAMATAN	42
LAMPIRAN II : ANALISIS DATA PERCOBAAN.	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding datar	9
Gambar 2.2 : Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding komposit.	10
Gambar 2.3 : Susunan alat ukur konduktivitas panas logam	11
Gambar 2.4 : Bagian utama alat ukur konduktivitas panas logam (OSK 4565A)	12
Gambar 2.5 : Skema aliran kalor pada logam acuan dan logam uji	13
Gambar 2.6 : Diagram blok rangkaian antar muka (<i>Channel Selector</i>)	16
Gambar 3.1.: Rangkaian lengkap Channel Selector	19
Gambar 3.2 : Tata jalur dan tata letak komponen elektronika rangkaian antar muka	19
Gambar 3.3 : Susunan peralatan untuk menentukan konduktivitas panas logam	22
Gambar 3.4 : Grafik hubungan konduktivitas panas terhadap suhu	34

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 : Posisi termokopel sebagai sensor suhu pada logam acuan	25
Tabel 3.2 : Suhu kedua permukaan logam uji-1 untuk masing-masing suhu pemanas.	27
Tabel 3.3 : Suhu kedua permukaan logam uji-2 untuk masing-masing suhu pemanas.	29
Tabel 3.4 : Nilai suhu dan konduktivitas panas dan suhu logam Aluminium hasil percobaan	30
Tabel 3.5 : Nilai suhu dan konduktivitas panas dan suhu logam Aluminium	31
Tabel 3.6 : Perbandingan nilai konduktivitas panas kalibrator dan hasil pengamatan	32

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Berbagai keperluan menyangkut pemakaian bahan memerlukan spesifikasi tertentu atas bahan yang dipilih. Salah satu spesifikasi tersebut adalah sifat hantaran panas atau konduktivitas panas bahan.

Gradien suhu (perubahan suhu terhadap perubahan posisi) sebanding dengan laju perubahan kalor. Faktor kesebandingan inilah yang disebut konduktivitas panas bahan yang menggambarkan mudah tidaknya suatu bahan menghantarkan kalor.

Pemetaan distribusi suhu pada bahan dengan bantuan bahan acuan dapat digunakan untuk menentukan konduktivitas bahan tersebut.

Distribusi suhu ini dapat diperoleh dengan memasang sejumlah besar sensor suhu, yaitu termokopel. Namun perlu diperhatikan bahwa waktu pengambilan data pada sejumlah termokopel tersebut harus diusahakan sesingkat mungkin, hal ini dimaksudkan untuk menjamin adanya keserempakan waktu pengamatan untuk sejumlah termokopel tersebut.

Pengukuran konduktivitas panas bahan sebetulnya dapat dilakukan dengan peralatan yang telah ada. Namun alat tersebut mempunyai beberapa kekurangan antara lain : tidak dapat menyimpan data hasil pengukuran serta tidak mampu langsung memproses data. Kelemahan utama pada alat ini adalah adanya kesulitan untuk mengamati sejumlah termokopel dalam waktu yang singkat, hal ini selain disebabkan oleh terbatasnya kecepatan reaksi pengamat juga lambatnya tanggapan termometer digital terhadap perubahan suhu.

Untuk mengatasi kekurangan tersebut perlu dibuat sarana pengontrol berupa rangkaian antar muka (*interface*) yang menghubungkan alat tersebut dengan perekam data. Perekam data yang digunakan untuk keperluan ini adalah perekam data yang memiliki tanggapan cukup cepat terhadap perubahan tegangan pada termokopel sebagai akibat adanya perubahan suhu yang cepat pada bahan tersebut.

Dengan bantuan rangkaian antar muka, dapat ditentukan besarnya pemanasan pada bahan. Selain itu juga dapat dicatat suhu yang dihasilkan oleh masing-masing termokopel secara otomatis dan periode cukup singkat, sehingga memungkinkan diperoleh jumlah data cukup banyak dalam waktu relatif singkat.

Selanjutnya dengan program pengolah data nilai

konduktivitas dapat ditentukan dan diperagakan pada layar monitor atau dicetak dengan printer, serta dapat disimpan di media penyimpan data.

1.2. Rumusan Masalah

Agar perancangan rangkaian antar muka alat ukur konduktivitas panas sesuai dengan karakteristik alat yang hendak diwujudkan, diperlukan penjabaran atas permasalahan-permasalahan yang merupakan kendala-kendala perancangan, sehingga memberikan arah yang jelas dalam proses perancangan.

Adapun permasalahan-permasalahan tersebut dapat dirangkum sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat alat kontrol yang dapat mengatur hubungan antara sejumlah termokopel dengan alat perekam data suhu untuk mendapatkan distribusi suhu bahan uji ?
2. Bagaimana membuat program pembantu yang dapat mengolah atau menganalisis data yang diperoleh ?
3. Apakah konduktivitas panas bahan hasil pengukuran ini tidak berbeda dengan kalibrator?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membuat rangkaian antar muka alat ukur konduktivitas panas bahan. Alat tersebut diharapkan dapat mempermudah pengoperasian

alat ukur konduktivitas panas bahan yang ada, sekaligus diharapkan diharapkan dapat diperoleh hasil pengukuran yang lebih akurat dan teliti.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Hasil penelitian berupa rangkaian antar muka alat ukur konduktivitas panas bahan diharapkan dapat meningkatkan daya guna dan hasil guna alat ukur konduktivitas panas yang ada.

1.5. Asumsi Penelitian

Pengujian hasil pengukuran dibandingkan dengan nilai konduktivitas panas bahan untuk berbagai suhu menurut buku rujukan sebagai kalibrator.

Nilai konduktivitas panas bahan yang diperoleh dari buku rujukan diasumsikan linier terhadap suhu.

1.6. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian adalah :

H_0 = Terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dan kalibrator.

H_1 = Tidak terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dan kalibrator.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Di bidang termodinamika masalah perpindahan kalor merupakan hal yang sering dibahas. Ilmu perpindahan kalor tidak hanya menjelaskan bagaimana kalor itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu.

Kondisi-kondisi tertentu yang terjadi pada perpindahan kalor menyebabkan disiplin ilmu ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu :

1. Konduksi atau hantaran yang terjadi di dalam sebuah benda atau material karena perbedaan suhu di antara bagian-bagian material (benda) tersebut.
2. Konveksi atau aliran yang mekanismenya disebabkan karena adanya aliran udara atau fluida mengenai suatu benda.
3. Radiasi atau pancaran, terjadi bila sebuah benda bersuhu tinggi memancarkan kalor ke sekelilingnya.

Pancaran kalor berupa gelombang elektromagnetik, sehingga peristiwa radiasi dapat terjadi dalam ruang hampa.

Salah satu besaran penting pada proses konduksi adalah *Konduktivitas Panas* yang dapat diklasifikasikan sebagai suatu sifat transpor (*Transport property*) karena dapat memberi petunjuk tentang transpor energi di dalam suatu fluida atau material padat (Holman, 1985).

Dalam gas dan zat cair transpor energi berlangsung melalui gerakan molekul, sedang dalam zat padat transpor energi melalui elektron bebas atau getaran atom (kisi).

Jika sebatang logam dimasukkan salah satu ujungnya ke dalam sebuah nyala api, maka kalor akan mencapai ujung yang dingin dengan cara penghantaran lewat seluruh batang tersebut. Pada waktu ujung yang panas naik suhunya, semua atom di bagian ini akan bertambah kuat getarannya, sedangkan pada ujung yang dingin getaran atomnya masih lambat. Jika atom-atom dari kedua ujung (panas dan dingin) bertumbukan, maka sebagian energi dari atom-atom yang gerakannya cepat akan terbagi kepada yang lebih lambat, sedangkan atom-atom lambat yang sudah menerima energi akan membagikan energi tersebut kepada atom lain yang lebih jauh dari nyala api (lebih rendah suhunya). Jadi energi kalor diteruskan dari satu atom ke satu atom yang lain, sedangkan atom itu sendiri tetap berada pada posisi semula (Sears, 1980).

Sudah diketahui pula bahwa logam merupakan penghantar listrik yang baik dan juga merupakan penghantar kalor yang baik pula (Holman, 1984). Logam dapat menghantarkan listrik karena adanya elektron bebas di dalamnya. Elektron bebas juga memegang peranan penting dalam proses penghantaran kalor, karena elektron bebas yang membawa kalor dalam pergerakannya akan melepaskan

kalor tersebut dan akan diterima oleh elektron bebas yang lebih rendah suhunya. Pada umumnya perpindahan kalor yang terjadi pada logam dengan melalui angkutan elektron lebih banyak dari pada perpindahan energi yang terjadi karena getaran atom (Holman,1984).

2.1. Perpindahan kalor Konduksi

Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah. Dapat dikatakan bahwa energi berpindah secara konduksi atau hantaran dan laju perpindahan kalornya berbanding lurus dengan gradien suhu :

$$\frac{q}{A} \sim \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.1)$$

Jika dimasukkan konstanta kesebandingan, maka:

$$q = -k A \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.2)$$

dengan q adalah laju perpindahan kalor, (Watt)

$\frac{\partial T}{\partial x}$ adalah gradien suhu ke arah perpindahan kalor
($^{\circ}\text{C}/\text{m}$)

A adalah luas penampang benda, (m^2)

k adalah konduktivitas panas, ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

Tanda minus (-) diselipkan agar persamaan tersebut memenuhi hukum ke dua termodinamika (Holman,1984).

Persamaan (2.2) tersebut disebut hukum *Fourier* tentang konduksi kalor, yang merupakan persamaan

dasar dari konduktivitas panas. Dan untuk selanjutnya persamaan tersebut akan menjadi landasan untuk metoda pengukuran konduktivitas panas logam.

2.2. Konduksi Keadaan Tunak Satu Dimensi

Persamaan (2.2) yang merupakan persamaan dasar konduksi panas, dapat digunakan untuk analisis perpindahan kalor dalam sistem sederhana satu dimensi.

Bentuk fisik yang termasuk sistem sederhana satu dimensi antara lain adalah dinding datar.

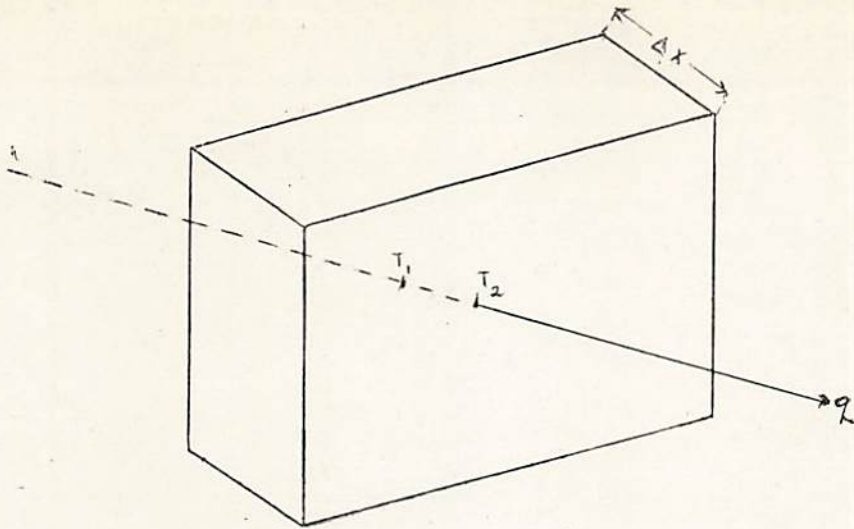
Dalam beberapa masalah perpindahan kalor dua dimensi, jika pengaruh koordinat ruang kedua kecil sekali dibanding dengan koordinat ruang pertama, maka dapat didekati dengan analisa sistem satu dimensi. Dalam hal ini persamaan diferensialnya menjadi sederhana sehingga dapat diperoleh penyelesaian yang lebih mudah (Holman, 1984).

2.2.1. Dinding Datar

Jika persamaan (2.2) diintegrasikan, dan nilai konduktivitas kalor (k) dianggap konstan, didapat :

$$q = - \frac{kA}{\Delta x} (T_2 - T_1) \quad (2.3)$$

dengan Δx adalah tebal dinding (m), sedangkan T_2 dan T_1 adalah suhu dari muka-muka dinding.



Gambar 2.1 Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding datar

Persamaan (2.3) adalah persamaan untuk memecahkan persoalan aliran kalor pada suatu dinding datar.

Pada umumnya konduktivitas panas sangat bergantung pada suhu (Holman, 1984). Jika konduktivitas panas berubah sebagai fungsi linier dari suhu, seperti :

$$k = k_0 (1 + \beta T) \quad (2.4)$$

dengan k = Konduktivitas panas pada suhu T

k_0 = Konduktivitas panas pada suhu $T = 0$

β = Konstanta

maka, substitusi persamaan (2.4) ke persamaan (2.2)

lalu diintegrasikan akan didapat persamaan :

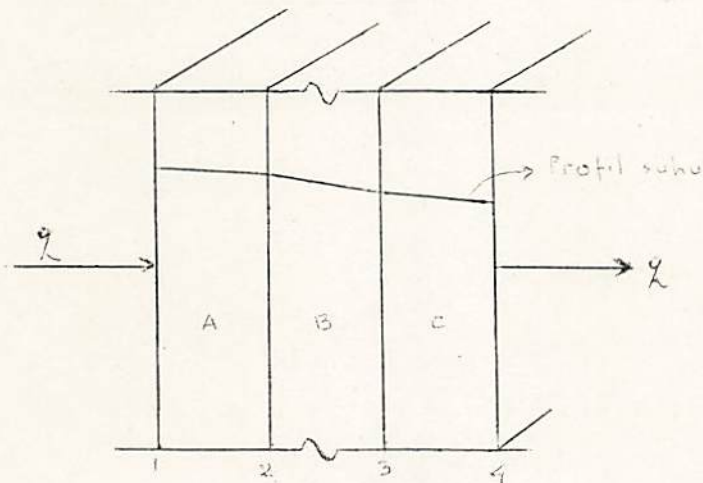
$$q = - \frac{k_0 A}{\Delta x} \left[(T_2 - T_1) + \frac{\beta}{2} (T_2^2 - T_1^2) \right] \quad (2.5)$$

2.2.2. Dinding Datar Komposit

Jika dalam suatu sistem terdapat lebih dari satu macam bahan, seperti dalam dinding lapis rangkap (komposit) pada gambar 2.2, maka :

Jika gradien suhu pada dinding lapis rangkap adalah seperti pada gambar, dengan mengingat bahwa aliran kalor pada setiap lapis adalah konstan maka aliran kalor dapat dituliskan sebagai (Holman, 1984) :

$$\begin{aligned}
 q &= -k_A A \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x_A} = k_B A \frac{(T_3 - T_2)}{\Delta x_B} \\
 &= -k_C A \frac{(T_4 - T_3)}{\Delta x_C}
 \end{aligned}
 \tag{2.6}$$



Gambar 2.2 : Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding komposit

Jika ketiga persamaan pada persamaan (2.6) dipecahkan, maka aliran kalor dapat dituliskan sebagai berikut

$$q = \frac{(T_1 - T_4)}{\frac{\Delta x_A}{k_A A} + \frac{\Delta x_B}{k_B A} + \frac{\Delta x_C}{k_C A}} \quad (2.7)$$

2.3. Alat Ukur Konduktivitas Termal Logam

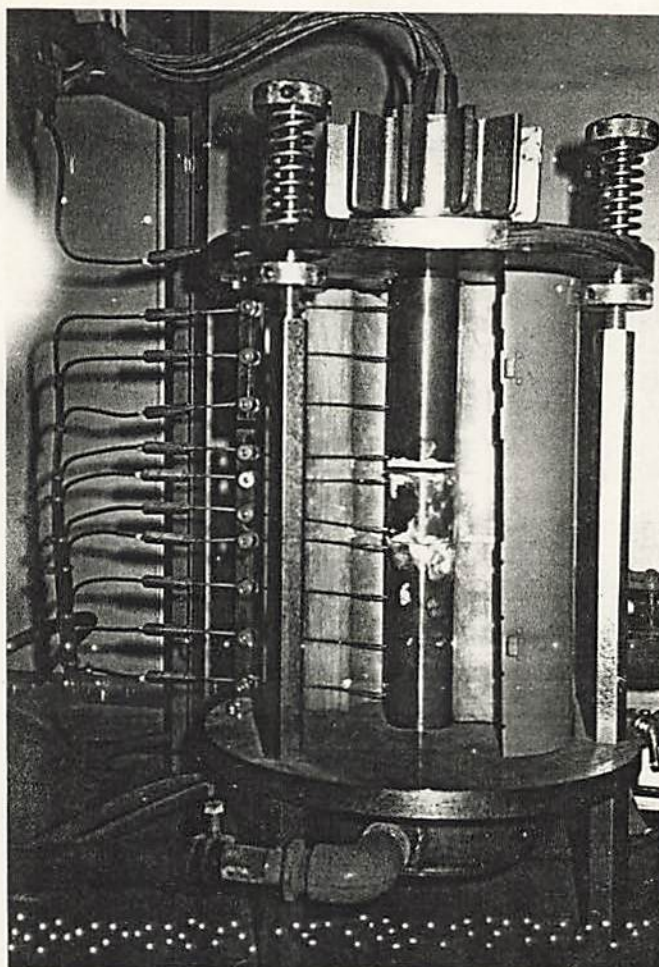
Susunan alat untuk menentukan konduktivitas panas suatu logam ditunjukkan pada gambar 2.3.

2.3.1. Alat Ukur Konduktivitas Panas Logam (OSK 4565A)

Bagian utama alat ukur konduktivitas panas logam terdiri atas pemanas, 3 batang logam acuan yang terbuat dari tembaga, dan 2 keping logam uji. Kedua logam uji disisipkan diantara ketiga logam acuan. Pada logam acuan dipasang 10 buah termokopel dengan jarak tertentu untuk mengetahui distribusi suhu pada bagian ini. Susunan lengkap bagian utama ditunjukkan oleh gambar 2.4.



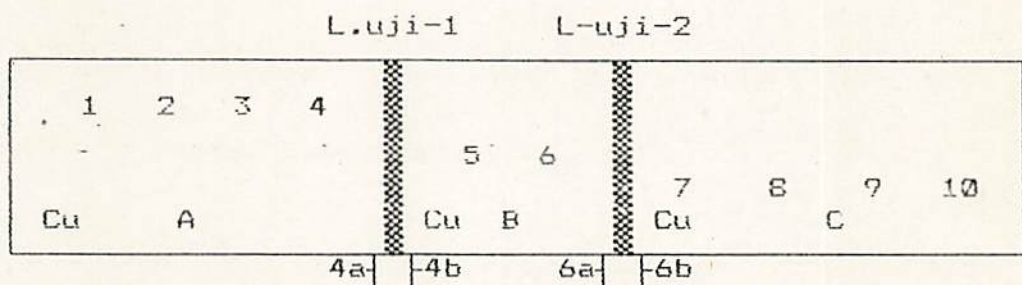
Gambar 2.3 : Susunan alat ukur konduktivitas panas logam



Gambar 2.4 : Bagian utama alat ukur konduktivitas panas logam (OSK 4565A)

Untuk menghindari adanya pengaruh suhu ruang dipasang isolator suhu yang terbuat dari glasswool agar keadaan tunak pada peristiwa aliran kalor dapat terjaga dengan baik. Selain itu untuk menghindari adanya hambatan kontak panas pada sambungan antar logam digunakan pasta silika.

Bagian lain alat ukur konduktivitas merupakan rangkaian pengendali suhu pemanas yang mengatur jumlah aliran kalor pada logam acuan dan logam uji. Prinsip kerja alat ukur konduktivitas adalah memberikan aliran kalor secara konstan pada logam acuan dan logam uji. Skema aliran kalor pada logam acuan dan logam uji ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 : Skema aliran kalor pada logam acuan dan logam uji

Hasil pengamatan posisi dan suhu di titik 1, 2, 3, dan 4 digunakan untuk menentukan t_{4a} yang merupakan suhu di permukaan-1 logam uji-1. Agar diperoleh sebuah persamaan garis yang akurat digunakan metode regresi linier. Sedangkan hasil pengamatan di titik 5 dan 6 digunakan untuk mengetahui t_{4b} dan t_{6a} . Hasil pengamatan di titik 7, 8, 9, dan 10 digunakan untuk mengetahui suhu t_{6b} . Beda suhu antara t_{4a} dan t_{4b} merupakan beda suhu antara kedua permukaan logam uji-1, sedangkan t_{6a} dan t_{6b} merupakan selisih suhu antara permukaan logam uji-2.

Dengan mengetahui beda suhu antar permukaan logam uji ($t_{4a}-t_{4b}$) dan ($t_{6a}-t_{6b}$) dapat ditentukan konduktivitas panas logam sebagai :

$$K_a = \frac{\Delta t_R L_u}{(t_{4a}-t_{4b}) L_a} \quad 385 \quad (2.8)$$

$$K_b = \frac{\Delta t_R L_u}{(t_{6a}-t_{6b}) L_a} \quad 385 \quad (2.9)$$

dengan Δt_R : beda suhu rata-rata dalam logam acuan

L_u : panjang logam uji, dan

L_a : panjang logam acuan.

Dari kedua hasil konduktivitas panas tersebut dapat ditentukan nilai konduktivitas logam uji sebagai :

$$K_s = \frac{\frac{L_b - L_a}{L_b} - \frac{L_a}{L_a}}{\frac{K_b}{K_a}} \quad (2.10)$$

2.3.2. Alat Perekam Suhu (Temperature Recorder)

Alat Perekam Suhu memiliki terminal masukan yang dihubungkan dengan transduser suhu. Transduser suhu yang berfungsi mengubah besaran suhu menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan pada umumnya kecil sehingga harus dikuatkan dahulu sedemikian hingga dapat diproses oleh rangkaian pencacah. Cacahan yang diperoleh ditampilkan oleh peraga 7-segmen yang menggambarkan besarnya suhu

yang diukur. Selain peraga 7-segmen yang dapat mencatat informasi suhu yang dideteksi oleh termokopel, alat ini juga dilengkapi dengan printer yang dapat memberikan informasi tertulis data suhu yang diamati, sehingga memudahkan kita dalam menganalisis hasil percobaan yang dilakukan. Interval waktu pencatatan data suhu memang cukup besar yaitu berkisar 1 detik.

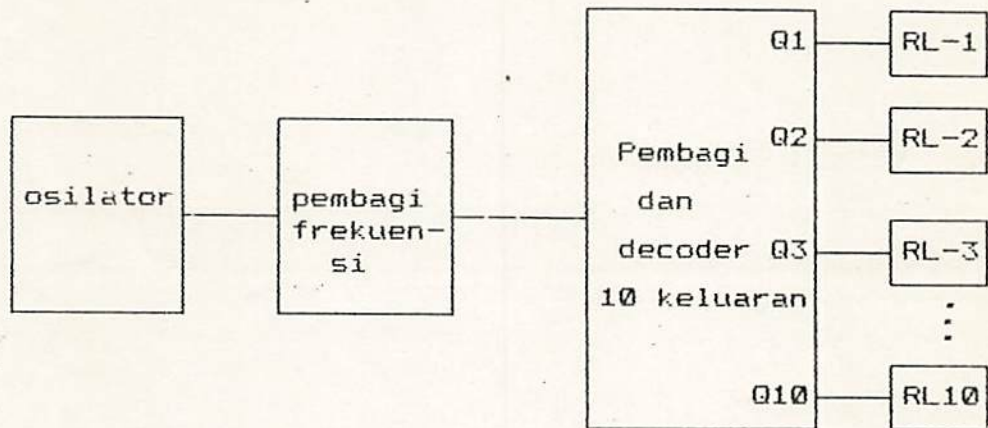
Untuk dapat mencatat lebih dari satu masukan alat ini perlu dilengkapi rangkaian antar muka yang berfungsi mengatur dan mengendalikan sensor mana yang beroperasi, sehingga diperoleh suatu urutan data sesuai dengan keinginan kita.

2.3.3. Rangkaian Antar Muka (*Channel Selector*)

Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa alat ukur konduktivitas panas logam (OSK 4565A) memiliki 10 buah termokopel sebagai transduser suhu, sedangkan alat perekam suhu (*Temperature Recorder*) memiliki sebuah masukan maka dibutuhkan rangkaian antar muka yang berfungsi sebagai rangkaian pemilih channel. Rangkaian pemilih channel dirancang agar distribusi suhu pada logam acuan dan logam uji dapat direkam secara periodik dengan interval perekaman antar transduser cukup singkat.

Berdasarkan pertimbangan di atas disusun

diagram blok rangkaian antar muka seperti pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 : Diagram blok rangkaian antar muka
(Channel Selector)

Osilator dan pembagi frekuensi merupakan acuan waktu untuk menentukan interval pencacahan dan perekaman data suhu. Komponen utama rangkaian osilator dibuat dari pintu logika Not dan sebagai penentu frekuensi keluaran ditentukan oleh komponen pasif R dan C. Keluaran osilator berbentuk gelombang persegi dengan frekuensi sebanding dengan $1/RC$.

Rangkaian pembagi frekuensi dimaksudkan sebagai sarana tambahan bila diperlukan interval waktu pengambilan data yang bervariasi. Rangkaian pembagi frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini dipilih pembagi biner menggunakan IC CD 4516. Masukan rangkaian pembagi frekuensi dihubungkan

dengan keluaran osilator dan keluaran pembagi frekuensi dihubungkan dengan masukan decoder 10 keluaran.

Rangkaian decoder memiliki 10 keluaran yang masing-masing keluaran akan aktif secara bergantian. Keluaran rangkaian decoder dihubungkan dengan relay yang berfungsi mengatur hubungan antara transduser suhu dengan masukan perekam suhu. Bila keluaran Q1 aktif maka relay RL-1 akan tertutup sehingga masukan perekam suhu berhubungan dengan transduser suhu 1.

BAB 3

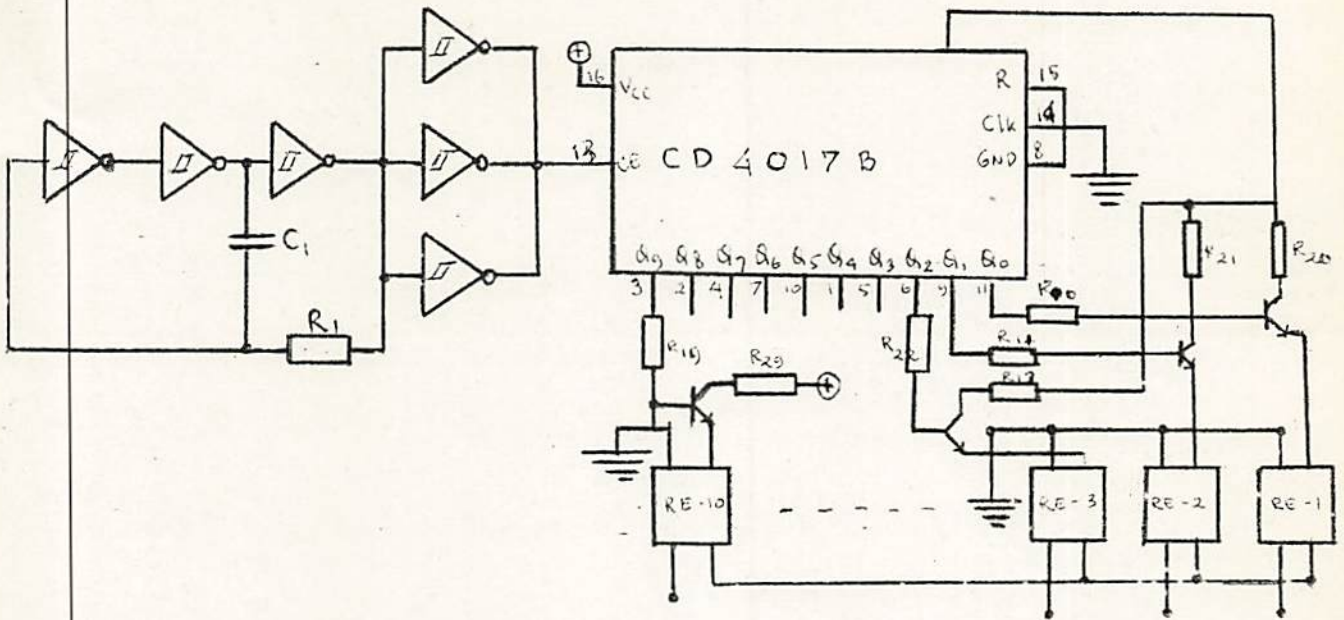
METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam makalah ini terdiri atas tahap perwujudan rangkaian antar muka, prosedur pengambilan data percobaan, dan analisis data percobaan. Tahap perwujudan alat meliputi perancangan alat, perakitan alat, dan langkah-langkah lain sampai alat siap untuk digunakan. Prosedur pengambilan data percobaan meliputi persiapan bahan dan persiapan alat ukur konduktivitas panas beserta peralatan penunjangnya. Sedangkan analisis data percobaan bertujuan untuk membandingkan hasil pengukuran terhadap kalibrator.

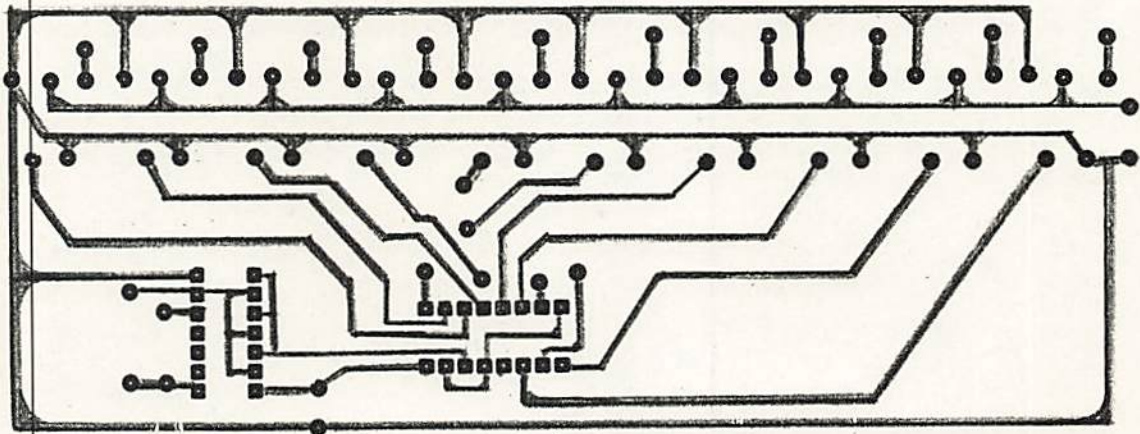
3.1. Perwujudan Alat

Dalam bab 2 telah dibahas teori perancangan rangkaian antar muka (*Channel Selector*). Berdasarkan atas dasar teori tersebut dan alasan praktis yakni pertimbangan komponen yang ada di pasaran dan penekanan jumlah komponen seminimal mungkin, dapat disusun rangkaian lengkap *Channel Selector* yang ditunjukkan pada gambar 3.1.

Berdasar rangkaian lengkap hasil perancangan disusun tata jalur dan tata letak komponen elektronika seperti ditunjukkan pada gambar 3.2. Dari tata jalur dan tata letak komponen elektronika dapat diwujudkan rakitan rangkaian antar muka dalam sebuah papan tercetak atau PCB.



Gambar 3.1 : Rangkaian lengkap Channel Selector



Gambar 3.2 : Tata jalur dan tata letak komponen elektronik rangkaian antar muka

Hasil rakitan rangkaian antar muka (*Channel Selector*) dihubungkan dengan perekam data (*Temperature Recorder*). Agar tidak terjadi gangguan dari sinyal luar rangkaian antar muka tersebut dipasang sedekat mungkin dengan perekam data. Untuk itu rangkaian antar muka ini tidak dikemas dalam kotak khusus tetapi dipasang dalam kemasan (*box*) perekam data.

3.2. Prosedur Pengambilan Data

Untuk menguji hasil rakitan rangkaian antar muka yang dibuat, dilakukan pengukuran konduktivitas panas logam. Sebagai logam uji dipilih keping logam Aluminium.

3.2.1. Persiapan Bahan Uji

Bahan uji terdiri dari 2 keping logam berdiameter 4 cm sesuai dengan diameter logam acuan, dan dengan ketebalan yang berbeda yakni berkisar antara 1 - 4 mm. Dalam percobaan ini digunakan logam Aluminium berdiameter 4 cm dan tebal masing-masing 1,3 mm dan 3,0 mm.

Logam uji yang digunakan diusahakan memiliki permukaan sehalus dan serata mungkin. Untuk itu logam uji digosok dengan amplas dan dimasukkan dalam larutan NaOH pekat sampai diperoleh permukaan yang halus dan rata. Selanjutnya logam uji siap digunakan dalam pengukuran konduktivitas panas.

Logam uji yang tipis dipasang diantara logam acuan A dan B (dekat pemanas) sedangkan logam uji yang lebih tebal dipasang di antara logam acuan B dan C (dekat pendingin).

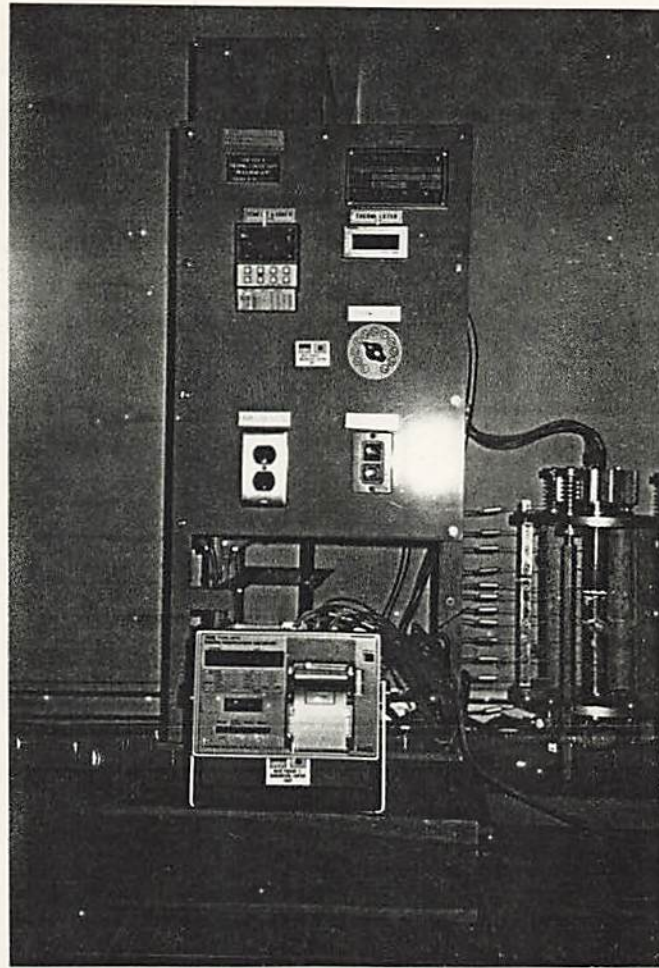
Untuk mengurangi terjadinya hambatan kontak permukaan maka seluruh permukaan logam diolesi dengan pasta silika sehingga dicapai kontak panas yang baik. Selain itu juga harus diperhatikan kontak antara ujung-ujung termokopel dan logam acuan harus baik.

3.2.2. Persiapan Alat Ukur Konduktivitas Panas

Langkah awal yang dilakukan adalah menyusun alat ukur konduktivitas (OSK 4565A), perekam data dan rangkaian antar muka. Susunan peralatan ditunjukkan pada gambar 3.3.

Langkah persiapan alat ukur konduktivitas panas (OSK 4565A) adalah mengalirkan air sebagai pendingin pada pipa yang tersedia. Setelah seluruh kran dibuka, kecepatan air diusahakan konstan, dengan cara mengatur kombinasi kran-kran yang ada sedemikian hingga posisi pelampung pada flow meter menunjukkan angka yang tetap. Dalam penelitian ini digunakan kecepatan aliran air konstan 150 liter per jam.

Setelah dicapai kecepatan air pendingin yang konstan arus listrik dialirkan, dengan menekan tombol *Power On*. Penentuan suhu pemanas dilakukan dengan menekan tombol pengatur suhu pemanas yang sesuai. Dalam penelitian ini suhu pemanas diatur mulai 100°C hingga 200°C .



Gambar 3.3 : Susunan peralatan untuk menentukan konduktivitas logam

Mengalirnya arus listrik pada pemanas ditandai dengan kenaikan suhu pada *Temperature Control*. Kenaikan suhu tersebut berlangsung terus hingga mencapai suhu di sekitar suhu yang diinginkan. Selanjutnya akan terlihat simpangan suhu naik-turun di sekitar nilai yang diinginkan, dengan simpangan semakin mengecil, dan akhirnya akan dicapai keadaan tunak yakni nilai suhu yang konstan pada nilai yang sesuai dengan yang diinginkan.

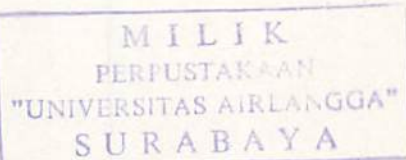
Perekaman suhu tiap-tiap termokopel dilakukan setelah dicapai keadaan tunak yakni ketika suhu pada *temperature control* sesuai dengan suhu yang diinginkan dan konstan. Perekaman suhu di setiap termokopel dilakukan secara berurutan dari $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{10}$ secara otomatis dan terus menerus sesuai jumlah data yang diinginkan, pengaturan perekaman ini dilakukan oleh rangkaian antar muka. Dalam penelitian ini pengulangan data untuk tiap termokopel sebanyak 10 kali pengamatan.

Demikian dilakukan berulang untuk suhu pemanas yang berlainan yakni untuk suhu pemanas mulai 100°C hingga suhu pemanas mencapai nilai 200°C , sesuai dengan kemampuan alat yang ada.

Sebagai kontrol terhadap suhu yang tercatat dapat dipantau melalui pencatatan suhu air pendingin yang relatif konstan yakni t_{11} yang diukur dengan termokopel ke-11.

3.3. Data Hasil Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan adalah untuk menentukan distribusi suhu sebagai fungsi posisi. Hal ini berkaitan dengan rambatan kalor yang terjadi pada logam acuan dan logam uji yang salah satu ujungnya dipasang pada elemen pemanas sebagai sumber kalor.



Hasil-hasil pengamatan meliputi jarak antar termokopel, suhu di setiap posisi termokopel yang dipasang pada logam acuan yang disisipi kedua logam uji, dan suhu air pendingin.

Untuk menentukan posisi setiap termokopel dilakukan dengan mengukur jarak antara termokopel-termokopel yang terpasang. Jarak antara elemen pemanas terhadap termokopel pertama adalah 4 cm.

Jarak antar termokopel adalah sebagai berikut :

termokopel 1 dan 2 berjarak : 3 cm

termokopel 2 dan 3 berjarak : 3 cm

termokopel 3 dan 4 berjarak : 3 cm

termokopel 4 dan 5 berjarak : 1 cm (tanpa logam uji)

termokopel 5 dan 6 berjarak : 3 cm

termokopel 6 dan 7 berjarak : 1 cm (tanpa logam uji)

termokopel 7 dan 8 berjarak : 3 cm

termokopel 8 dan 9 berjarak : 3 cm

termokopel 9 dan 10 berjarak : 3 cm

Termokopel 1 terletak paling atas (dekat pemanas) dan termokopel 10 di paling bawah (dekat pendingin).

Sedangkan jarak antara termokopel-10 terhadap pendingin adalah 7 cm.

Dengan mengetahui jarak antar termokopel dapat ditentukan posisi masing-masing termokopel tersebut seperti ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 : Posisi termokopel sebagai sensor suhu pada logam acuan

No.	Nama sensor suhu	Posisi sensor suhu (cm)
1.	t_1	40,00
2.	t_2	70,00
3.	t_3	100,00
4.	t_4	130,00
5.	t_5	141,30
6.	t_6	171,30
7.	t_7	194,30
8.	t_8	214,30
9.	t_9	244,30
10.	t_{10}	274,30
11.	t_{11}	344,30

Pengukuran suhu untuk masing-masing termokopel pada setiap keadaan suhu pemanas dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali pengamatan. Sedangkan pencatatan suhu dilakukan secara berurutan untuk ke-11 termokopel yang ada sehingga data pengamatan dapat disusun sebagai matriks 10×11 , yakni sebagai baris merupakan urutan posisi termokopel dan elemen kolomnya menunjukkan urutan pengulangan pengukuran.

Adapun data hasil pengukuran suhu setiap termokopel secara lengkap dapat dilihat pada lampiran I.

3.4. Analisis Data

Dari 10 data suhu untuk masing-masing termokopel pada setiap keadaan suhu pemanas diperoleh suhu rata-rata masing-masing termokopel pada setiap keadaan suhu pemanas.

Karena kedua logam uji yang berada di antara logam acuan mengakibatkan terpisahnya logam acuan menjadi tiga bagian masing-masing memiliki distribusi suhu tertentu, sehingga terdapat tiga distribusi suhu.

Setiap distribusi suhu yang memenuhi persamaan linier tertentu dapat diamati dengan kelompok termokopel yang masing-masing adalah kelompok I dengan persamaan linier I terdiri atas termokopel 1,2,3, dan 4, kelompok II dengan persamaan linier II terdiri atas termokopel 5 dan 6, kelompok III dengan persamaan linier III terdiri atas termokopel 7,8,9, dan 10.

Dari data posisi dan suhu termokopel 1, 2, 3, dan 4 dilakukan regresi linier untuk mendapatkan hubungan posisi dan suhu ($Y = A_1 X + B_1$). Hasil regresi linier untuk masing-masing suhu pemanas (T) dapat dilihat pada lampiran II. Hasil regresi linier ini digunakan untuk mendapatkan suhu di permukaan atas logam uji-1 (t_{4a}).

Selanjutnya dari posisi dan suhu termokopel 5 dan 6 dapat diperoleh persamaan linier II, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan nilai suhu pada permukaan bawah logam uji-1 (t_{4b}).

Adapun hasil perhitungan nilai suhu di permukaan atas logam uji-1 (t_{4a}) dan di permukaan bawah logam uji-1. (t_{4b}) dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 : Suhu kedua permukaan logam uji-1 untuk masing-masing suhu pemanas

No.	T (°C)	t_{4a} (°C)	t_{4b} (°C)
1.	100	74,39	73,93
2.	110	80,46	79,90
3.	120	87,48	86,88
4.	130	92,41	91,77
5.	140	98,96	98,24
6.	150	106,18	105,40
7.	160	112,36	111,51
8.	170	121,25	120,37
9.	180	128,61	127,69
10.	185	131,48	130,53
11.	190	135,38	134,44
12.	195	137,56	136,55
13.	200	139,55	138,50

Keterangan :

T : suhu pemanas

t_{4a} : suhu permukaan atas logam uji-1

t_{4b} : suhu permukaan bawah logam uji-1

Dari data posisi dan suhu termokopel 7, 8, 9, dan 10 dilakukan regresi linier untuk mendapatkan hubungan posisi dan suhu ($Y = A_2 X + B_2$). Hasil regresi linier untuk masing-masing suhu pemanas (T) dapat dilihat pada lampiran II. Hasil regresi linier ini digunakan untuk mendapatkan suhu di permukaan bawah logam uji-2 (t_{6b}).

Selanjutnya dari posisi dan suhu termokopel 5 dan 6 dapat diperoleh persamaan linier II yang selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai suhu permukaan logam uji-2 (t_{6a}).

Adapun hasil perhitungan nilai suhu di permukaan atas logam uji-2 (t_{6a}) dan di permukaan bawah logam uji-2 (t_{6b}) dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 : Suhu kedua permukaan logam uji-2 untuk masing-masing suhu pemanas

No.	T (°C)	t_{6a} (°C)	t_{6b} (°C)
1.	100	66,13	65,06
2.	110	71,04	69,75
3.	120	77,09	75,71
4.	130	80,36	78,87
5.	140	85,98	84,32
6.	150	91,90	90,10
7.	160	97,41	95,44
8.	170	105,63	103,61
9.	180	111,17	109,03
10.	185	113,00	110,83
11.	190	112,99	110,83
12.	195	118,36	116,03
13.	200	120,72	118,30

Keterangan :

T : suhu pemanas

t_{6a} : suhu permukaan atas logam uji-2

t_{6b} : suhu permukaan bawah logam uji-2

Berdasarkan suhu pada masing-masing permukaan logam uji dan dengan menggunakan persamaan (2.8) dan (2.9) akan diperoleh nilai konduktivitas panas bahan untuk logam uji-1 (K_a), dan nilai konduktivitas panas logam uji-2 (K_b). Dari kedua nilai konduktivitas panas untuk masing-masing logam uji dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan konduktivitas panas logam Aluminium, yakni dengan menerapkan persamaan (2.10). Adapun hasil perhitungan konduktivitas panas Aluminium untuk berbagai nilai suhu dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 : Nilai suhu dan konduktivitas panas logam Aluminium hasil percobaan

No.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Konduktivitas panas ($\text{W/m } ^{\circ}\text{C}$)
1.	70,70	202,07
2.	76,35	205,05
3.	81,95	209,08
4.	86,60	212,20
5.	92,95	213,43
6.	98,46	214,28
7.	104,15	215,00
8.	112,40	215,20
9.	118,38	215,05
10.	121,78	215,71
11.	123,98	217,08
12.	127,22	217,89
13.	129,47	219,62

Selanjutnya nilai konduktivitas panas logam aluminium yang diperoleh dalam penelitian ini dibandingkan dengan kalibrator yakni nilai konduktivitas panas logam yang terdapat dalam buku rujukan.

Adapun nilai konduktivitas panas logam aluminium sebagai fungsi suhu ditunjukkan pada tabel 3.5.

Tabel 3.5 : Nilai suhu dan konduktivitas panas logam Aluminium (Acha, 1980)

No.	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Konduktivitas panas ($\text{W/m } ^{\circ}\text{C}$)
1.	0	202
2.	100	206
3.	200	215
4.	300	228

Dari data pada tabel 3.5 dilakukan analisis regresi linier untuk mendapatkan fungsi konduktivitas (variabel K) terhadap suhu (variabel t), sebagai :

$$K = at + b \quad (3.1)$$

Hasil analisis regresi linier tersebut adalah :

$$\begin{aligned} a &= 0,0087 & b &= 199,7 & r^2 &= 0,949 \\ \Delta a &= 0,014247 & \Delta b &= 3,186 \end{aligned}$$

Sehingga nilai konduktivitas sebagai fungsi suhu dapat ditulis sebagai

$$K = 0,0087 t + 199,7 \quad (3.2)$$

Dengan menggunakan persamaan (3.2) diperoleh konduktivitas panas untuk berbagai nilai suhu, yang dapat dibandingkan dengan nilai konduktivitas panas yang diperoleh dari data pengamatan. Perbandingan nilai konduktivitas hasil pengukuran terhadap kalibrator pada suhu tunak ditunjukkan pada tabel 3.6

Tabel 3.6 : Perbandingan konduktivitas panas kalibrator dan hasil pengukuran

No.	Suhu tunak (T_s)	Konduktivitas Panas	
		Kalibrator (X)	Pengukuran (Y)
1.	70,70	205,85	202,07
2.	76,35	206,34	205,05
3.	81,95	206,83	209,08
4.	86,60	207,23	212,20
5.	92,95	207,79	213,43
6.	98,46	208,27	214,28
7.	104,15	208,76	215,00
8.	112,40	209,44	215,20
9.	118,38	210,00	215,05
10.	121,78	210,29	215,71
11.	123,98	210,49	217,08
12.	127,22	210,77	217,89
13.	129,47	210,96	219,62

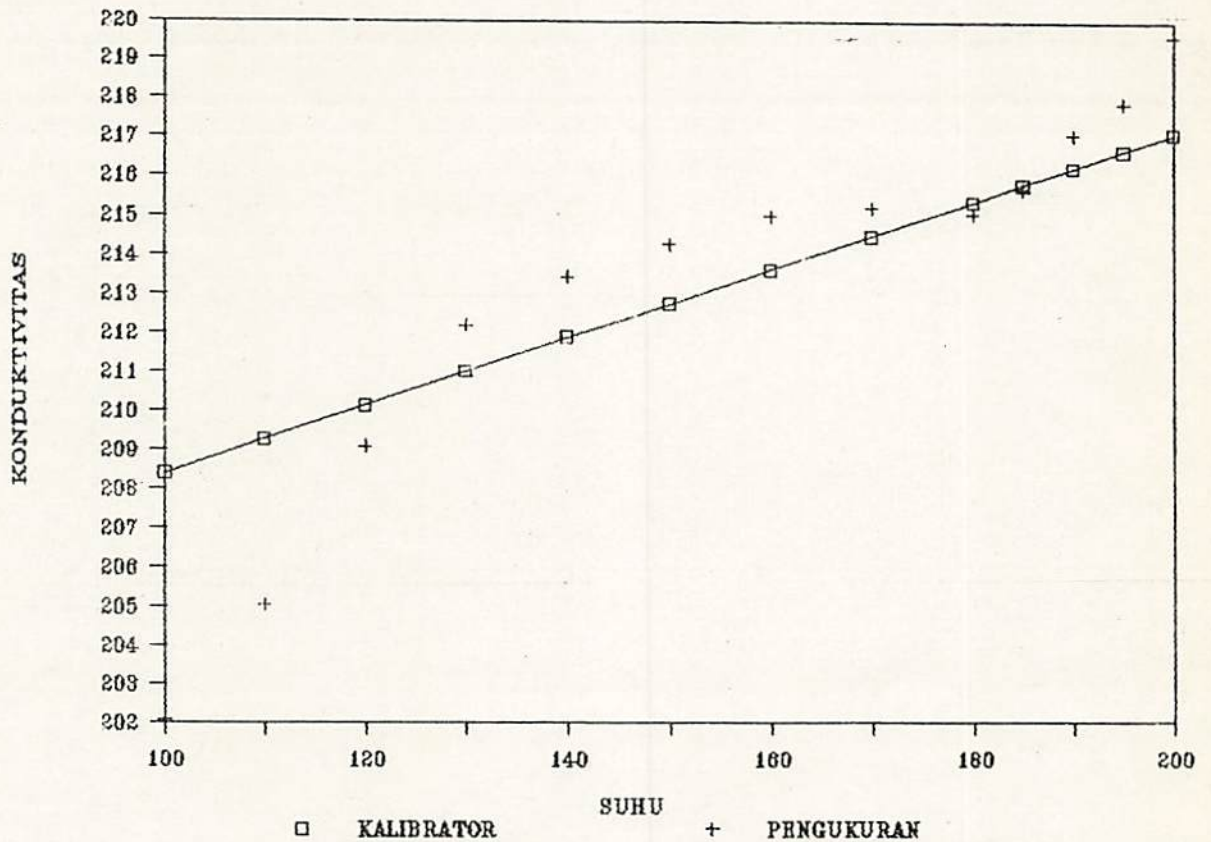
Nilai konduktivitas panas logam aluminium rata-rata hasil pengukuran (\bar{X}) adalah sebesar 208,74 W/m⁰C. Sedangkan nilai konduktivitas panas logam aluminium rata-rata menurut kalibrator (nilai yang tertera pada buku acuan) adalah sebesar 213,21.

Untuk mengetahui sebaran nilai konduktivitas panas logam aluminium sebagai hasil penelitian terhadap nilai kalibrator dibuat grafik hubungan antara konduktivitas panas logam terhadap suhu. Adapun persamaan garis untuk data kalibrator adalah merupakan hasil analisis regresi linier yakni garis lurus yang memenuhi persamaan (3.2).

Dipilihnya persamaan linier yang menghubungkan kedua besaran pada penelitian ini yakni besaran konduktivitas panas dan besaran suhu adalah sesuai dengan asumsi pada penelitian ini. Adapun asumsi tersebut berpijak pada kelinieran fungsi konduktivitas panas bahan pada suhu yang relatif rendah sesuai dengan suhu yang diberikan oleh elemen pemanas pada penelitian ini (untuk suhu pemanas antara 100⁰C hingga 200⁰C).

Untuk mempermudah pembuatan grafik hubungan antara konduktivitas panas terhadap suhu digunakan paket program pembantu Lotus-Print-Graph. Adapun data yang dibutuhkan untuk program ini dapat mengacu pada hasil analisis regresi linier yang diolah dengan paket program Lotus-123 sehingga diperoleh grafik yang memiliki ketelitian baik.

Grafik hubungan konduktivitas panas Aluminium hasil pengukuran dan kalibrator terhadap suhu tunak ditunjukkan pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 : Grafik hubungan konduktivitas panas terhadap suhu

BAB 4

PEMBAHASAN

Dari analisis data percobaan yang dilakukan diperoleh beberapa nilai konduktivitas panas logam sebagai fungsi suhu. Selain itu dari buku rujukan juga diperoleh beberapa nilai konduktivitas sebagai fungsi suhu. Nilai konduktivitas panas dari buku rujukan inilah yang dijadikan kalibrator, untuk menguji keabsahan hasil pengukuran yang dilakukan.

Berdasarkan hasil analisis data yang dilakukan terdapat perbedaan nilai konduktivitas rata-rata logam aluminium yang diperoleh dari hasil pengukuran terhadap nilai pada kalibrator. Tetapi karena nilai-nilai konduktivitas tersebut memiliki sebaran tertentu sebagai fungsi suhu, maka perlu dilakukan pengujian lebih lanjut untuk mengetahui seberapa jauh bermaknanya perbedaan kedua pasangan nilai konduktivitas ini.

Untuk menguji bermakna atau tidaknya perbedaan antara hasil pengukuran dan kalibrator digunakan analisis statistik. Adapun pengujian tersebut dilakukan dengan uji-t, dengan menggunakan rumus :

$$t_{XY} = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\left[\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2 + \sum (Y_i - \bar{Y})^2}{(n_x - 1)(n_y - 1)} \right] \left[\frac{1}{n_x} + \frac{1}{n_y} \right]}} \quad (4.1)$$

Sebagai hipotesa nol adalah terdapat perbedaan antara hasil pengukuran dan kalibrator atau $X \neq Y$, sedangkan sebagai hipotesa alternatifnya adalah tidak terdapat perbedaan antara hasil pengukuran terhadap kalibrator atau $X = Y$.

Dari tabel prosentasi untuk distribusi-t dengan taraf nyata 0,05 (5%) dan derajat kebebasan 12 diperoleh daerah kritis untuk permasalahan ini adalah

$$-2,179 < t < 2,179$$

Dari perhitungan terhadap data-data pengukuran yang dilakukan diperoleh nilai $t_{XY} = -0,257$.

Karena nilai t_{XY} yang diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan data pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini berada dalam daerah kritis, maka hipotesis nol dalam penelitian ini ditolak, sehingga hipotesis alternatif diterima.

Makna hasil pengujian secara statistik dengan uji beda tersebut adalah tidak terdapat perbedaan secara nyata antara nilai konduktivitas logam aluminium yang diperoleh dari hasil pengukuran terhadap nilai konduktivitas logam aluminium berdasarkan kalibrator yakni berdasar pada data

yang diperoleh pada buku rujukan.

Berdasarkan asumsi bahwa nilai konduktivitas logam aluminium memiliki fungsi linier terhadap suhu, maka dapat diperoleh grafik hubungan antara konduktivitas panas terhadap suhu yang diperoleh dari analisis regresi linier. Analisis regresi linier ini berdasar atas beberapa data nilai konduktivitas untuk suhu-suhu tertentu dari buku rujukan.

Bila dilihat sebaran nilai konduktivitas panas logam sebagai fungsi suhu pada grafik yang diperoleh dari hasil penelitian dan data kalibrator terlihat adanya kecenderungan memiliki fungsi linier untuk daerah suhu tinggi yakni untuk suhu pemanas antara 125°C hingga 200°C . Sedangkan untuk suhu pemanas yang rendah yakni antara 100°C hingga 125°C memiliki kecenderungan menyimpang terhadap fungsi linier tersebut, sebaran nilai konduktivitas untuk suhu rendah menyerupai fungsi eksponensial tertentu.

Terjadinya kecenderungan menyimpang terhadap fungsi linier pada suhu rendah kemungkinan besar disebabkan oleh ketidakmurnan bahan uji yang digunakan. Sedangkan data kalibrator yang digunakan sebagai pembanding diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan bahan yang memiliki kemurnian yang terjamin.

Selain ketidakmurnian logam uji faktor lain yang menyebabkan terjadinya penyimpangan adalah kurang sempurnanya isolator termal pada sistem alat yang digunakan, sehingga terjadi aliran kalor ke lingkungan sekelilingnya. Hilangnya kalor ke lingkungan sekeliling tentu saja mengakibatkan penyimpangan nilai konduktivitas terukur. Kesalahan relatif yang terjadi akibat kebocoran ini akan cukup bermakna untuk pengukuran dengan suhu rendah, sedang untuk suhu yang relatif lebih tinggi akan memiliki kesalahan relatif lebih kecil.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil pengukuran konduktivitas panas logam yang baik dengan alat ukur konduktivitas panas OSK 4565A dibutuhkan pengukuran secara serempak suhu beberapa termokopel yang dipasang pada batang logam.
2. Dengan rangkaian antar muka, perekam data (*Temperature Recorder*) merekam secara berurutan suhu yang terukur oleh 10 termokopel pada alat ukur konduktivitas panas (OSK 4565A) dalam waktu yang relatif singkat.
3. Penentuan nilai konduktivitas panas logam uji dari data yang diperoleh dilakukan dengan program Lotus 123. Analisis data ini dilakukan dengan asumsi konduktivitas panas logam linier terhadap suhu.
4. Nilai konduktivitas panas yang diperoleh dari hasil pengukuran tidak berbeda secara statistik (dengan taraf nyata 5%) terhadap nilai kalibrator.

5.2. Saran-saran

Beberapa hal yang dapat menyempurnakan hasil yang diperoleh dalam penelitian ini antara lain :

1. Untuk menentukan konduktivitas panas dari bahan yang konduktivitas panasnya besar, sebaiknya digunakan pengukur suhu yang memiliki ketelitian lebih baik.
2. Salah satu alternatif peningkatan ketelitian pengukur suhu adalah dengan menggunakan rangkaian ADC 16 bit. Namun karena komponen ADC 16 bit belum ada di pasaran bebas di Indonesia, perlu dipikirkan untuk merancang ADC 16 bit dari komponen-komponen yang tersedia di pasaran.

DAFTAR PUSTAKA

1. Acha, C.E., Bekeires, V.I., and Talpe, J.H., *Measurement of Thermal Conductivity and Heat Capacity an Undergraduate Physics Laboratory*, American Journal of Physics, vol 58, No. 4, April 1980.
2. Dajan, Anto, *Pengantar Metode Statistik II*, edisi 11, LP3ES, Jakarta, 1984.
3. Holman, J.P., *Metode Pengukuran Teknik*, Edisi keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
4. Holman, J.P., *Perpindahan Kalor*, Edisi Kelima, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984.
5. Incropera, F.P., De Witt, D.P., *Fundamental of Heat Transfer*, John Wiley & Sons, New York, 1981.
6. Instruction Manual : *Thermal Conductivity Measuring App.* OSK 4565A, Ogawa Seiki Co., Tokyo, 1987.
7. Instruction Manual : *Digital Temperature Recorder*, 2nd ed. Yokogawa Electric Corp., Tokyo, 1981
8. National Semiconductor Corporation, *CMOS Data Book*, Santa Clara, California, 1971.
9. Prajoko, T.A., *Metode Pengukuran Konduktivitas Termal Logam*, Skripsi, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Airlangga, Surabaya, 1993.
10. Sears, F.W., *Mekanika Panas dan Bunyi*, Cetakan keempat, Penerbit Bina Cipta, Bandung, 1980.

DATA PERCOBAAN UNTUK T = 160 C

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Pengukuran ke :										Suhu rata-rata	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
t1	40,00	147,1	147,1	147,2	147,3	147,3	147,4	147,4	147,4	147,4	147,4	147,4	147,30
t2	70,00	136,1	136,1	136,2	136,2	136,3	136,3	136,4	136,4	136,4	136,4	136,5	136,29
t3	100,00	125,2	125,2	125,3	125,3	125,4	125,4	125,4	125,5	125,5	125,5	125,6	125,38
t4	130,00	113,8	113,8	113,9	114,0	114,1	114,1	114,2	114,3	114,3	114,5	114,5	114,12
t5	141,30	109,4	109,5	109,6	109,6	109,7	109,7	109,8	109,9	110,0	110,1	110,1	109,73
t6	171,30	99,2	99,3	99,4	99,4	99,5	99,5	99,5	99,6	99,6	99,6	99,7	99,47
t7	184,30	93,7	93,7	93,8	93,8	93,9	93,9	93,9	93,9	94,0	94,0	94,0	93,86
t8	214,30	83,0	83,1	83,2	83,2	83,2	83,3	83,3	83,4	83,4	83,4	83,6	83,27
t9	244,30	72,0	72,0	72,0	72,1	72,1	72,1	72,2	72,2	72,2	72,3	72,3	72,13
t10	274,30	60,7	60,7	60,8	60,9	61,0	61,1	61,1	61,1	61,1	61,2	61,3	60,99
t11	344,30	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,80

DATA PERCOBAAN UNTUK T = 170 C

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Pengukuran ke :										Suhu rata-rata	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
t1	40,00	156,6	156,6	156,7	156,8	156,8	156,9	156,9	156,9	156,9	156,9	156,9	156,80
t2	70,00	145,4	145,4	145,5	145,5	145,6	145,6	145,7	145,7	145,7	145,7	145,8	145,59
t3	100,00	134,2	134,2	134,3	134,3	134,3	134,4	134,4	134,4	134,4	134,5	134,5	134,35
t4	130,00	122,8	122,8	122,9	123,0	123,1	123,1	123,2	123,3	123,3	123,5	123,5	123,12
t5	141,30	118,3	118,4	118,4	118,4	118,5	118,5	118,6	118,7	118,7	118,7	118,8	118,53
t6	171,30	107,2	107,3	107,4	107,4	107,5	107,5	107,5	107,6	107,6	107,6	107,7	107,47
t7	184,30	101,7	101,7	101,8	101,8	101,9	101,9	101,9	101,9	102,0	102,0	102,0	101,86
t8	214,30	90,1	90,1	90,2	90,2	90,2	90,3	90,3	90,4	90,4	90,4	90,6	90,28
t9	244,30	79,0	79,0	79,1	79,1	79,1	79,2	79,2	79,2	79,3	79,3	79,3	79,15
t10	274,30	67,7	67,7	67,8	67,9	68,0	68,1	68,1	68,1	68,2	68,2	68,3	67,99
t11	344,30	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0	31,84	

DATA PERCOBAAN UNTUK T=180 C

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Pengukuran ke :										Suhu rata-rata	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
t1	40,00	165,6	165,6	165,7	165,8	165,8	165,9	165,9	165,9	165,9	165,9	165,9	165,80
t2	70,00	153,9	153,9	154,0	154,0	154,1	154,1	154,3	154,4	154,4	154,4	154,5	154,16
t3	100,00	142,4	142,4	142,5	142,5	142,5	142,5	142,6	142,6	142,6	142,6	142,6	142,52
t4	130,00	130,2	130,4	130,4	130,5	130,5	130,6	130,6	130,6	130,5	130,4	130,3	130,44
t5	141,30	125,4	125,5	125,5	125,6	125,6	125,6	125,7	125,7	125,8	125,8	125,8	125,62
t6	171,30	113,0	113,1	113,2	113,2	113,3	113,3	113,3	113,2	113,2	113,4	113,4	113,23
t7	184,30	107,2	107,2	107,3	107,3	107,4	107,4	107,4	107,4	107,5	107,5	107,5	107,36
t8	214,30	94,2	94,3	94,4	94,4	94,5	94,5	94,5	94,6	94,6	94,6	94,8	94,48
t9	244,30	82,4	82,4	82,5	82,5	82,6	82,6	82,6	82,6	82,7	82,7	82,7	82,56
t10	274,30	70,7	70,8	70,8	71,0	71,0	71,1	71,2	71,2	71,3	71,3	71,3	70,96
t11	344,30	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0	31,84	

DATA PERCOBAAN UNTUK T = 185 C

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Pengukuran ke :										Suhu rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	170,3	170,3	170,4	170,4	170,5	170,5	170,6	170,6	170,7	170,7	170,50
t2	70,00	158,0	158,0	158,0	158,1	158,1	158,1	158,2	158,2	158,3	158,3	158,13
t3	100,00	145,8	145,8	145,8	145,9	145,9	145,9	146,0	146,0	146,0	146,1	145,92
t4	130,00	133,2	133,4	133,3	133,5	133,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,7	133,50
t5	141,30	128,2	128,2	128,2	128,2	128,5	128,3	128,4	128,4	128,5	128,5	128,34
t6	171,30	115,1	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,19
t7	184,30	108,4	108,4	108,5	108,6	108,8	108,9	109,0	109,2	109,2	109,3	108,83
t8	214,30	96,4	96,4	96,5	96,7	96,9	97,0	97,1	97,2	97,4	97,5	96,91
t9	244,30	84,5	84,6	84,7	84,9	85,1	85,3	85,4	85,4	85,4	85,4	85,07
t10	274,30	72,8	72,8	72,9	73,0	73,0	73,1	73,2	73,2	73,3	73,3	73,06
t11	344,30	32,0	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0	31,86

DATA PERCOBAAN UNTUK T=190 C

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Pengukuran ke :										Suhu rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	174,7	174,7	174,8	174,8	174,9	174,9	175,0	175,0	175,1	175,1	174,90
t2	70,00	162,0	162,0	162,1	162,1	162,2	162,2	162,2	162,3	162,4	162,5	162,20
t3	100,00	149,4	149,4	149,5	149,5	149,5	149,6	149,6	149,7	149,7	149,7	149,56
t4	130,00	137,5	137,5	137,6	137,6	137,7	137,7	137,7	137,9	137,8	137,9	137,69
t5	141,30	131,5	131,5	131,5	131,7	131,7	131,8	131,8	131,9	132,0	132,2	131,76
t6	171,30	115,3	115,4	115,4	115,5	115,6	115,7	115,8	115,9	116,0	116,1	115,67
t7	184,30	108,4	108,4	108,5	108,6	108,8	108,9	109,0	109,2	109,2	109,3	108,83
t8	214,30	96,4	96,4	96,5	96,7	96,9	97,0	97,1	97,2	97,4	97,5	96,91
t9	244,30	84,5	84,6	84,7	84,9	85,1	85,3	85,4	85,4	85,4	85,4	85,07
t10	274,30	72,8	72,8	72,9	73,0	73,0	73,1	73,2	73,2	73,3	73,3	73,06
t11	344,30	32,0	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0	31,86

DATA PERCOBAAN UNTUK T=195 C

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Pengukuran ke :										Suhu rata-rata
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	179,2	179,2	179,3	179,3	179,4	179,4	179,5	179,5	179,6	179,6	179,40
t2	70,00	166,0	166,0	166,1	166,1	166,1	166,2	166,2	166,4	166,4	166,5	166,20
t3	100,00	153,0	153,0	153,0	153,1	153,1	153,1	153,1	153,2	153,2	153,2	153,10
t4	130,00	139,5	139,5	139,6	139,6	139,7	139,7	139,7	139,9	139,8	139,9	139,69
t5	141,30	134,0	134,0	134,1	134,2	134,2	134,3	134,4	134,5	134,5	134,5	134,28
t6	171,30	120,3	120,3	120,4	120,5	120,6	120,7	120,7	120,9	121,0	121,1	120,64
t7	184,30	113,5	113,6	113,7	113,8	114,0	114,2	114,3	114,4	114,6	114,7	114,08
t8	214,30	99,9	99,9	100,0	100,2	100,4	100,5	100,6	100,7	100,9	101,0	100,41
t9	244,30	88,0	88,1	88,2	88,4	88,6	88,8	88,9	89,1	89,3	89,3	88,67
t10	274,30	74,7	74,7	74,8	75,0	75,0	75,1	75,2	75,2	75,3	75,3	75,03
t11	344,30	32,0	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0	31,86

LAMPIRAN I : DATA PENGAMATAN

DATA PERCOBAAN UNTUK T = 200 C

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	P e n g u k u r a n k e :										Suhu rata- rata	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
t1	40,00	183,6	183,6	183,6	183,7	183,6	183,6	183,7	183,7	183,7	183,7	183,7	183,65
t2	70,00	169,9	169,9	170,0	170,0	170,1	170,1	170,1	170,2	170,2	170,2	170,2	170,07
t3	100,00	156,0	156,0	156,0	156,2	156,2	156,3	156,3	156,4	156,5	156,5	156,5	156,24
t4	130,00	141,2	141,3	141,4	141,5	141,5	141,6	141,7	141,8	141,9	141,9	141,9	141,58
t5	141,30	136,0	136,0	136,1	136,2	136,2	136,3	136,4	136,5	136,5	136,6	136,6	136,28
t6	171,30	122,5	122,5	122,7	122,8	122,9	123,0	123,1	123,2	123,3	123,4	123,4	122,94
t7	184,30	115,6	115,6	115,7	115,8	116,0	116,2	116,3	116,4	116,6	116,7	116,7	116,09
t8	214,30	101,8	101,9	102,0	102,2	102,4	102,5	102,6	102,7	102,9	103,0	103,0	102,40
t9	244,30	88,0	88,1	88,2	88,4	88,6	89,0	89,9	89,1	89,3	99,3	99,3	88,67
t10	274,30	74,6	74,7	74,8	75,0	75,2	75,4	75,6	75,7	75,9	75,9	75,9	75,28
t11	344,30	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0	31,84

ANALISIS DATA PERCOBAAN UNTUK $T = 100\text{ C}$

$L_a = 1,30\text{ mm}$
 $L_b = 3,00\text{ mm}$
 $LR = 30,00\text{ mm}$

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	93,20	93,1	93,1	93,1	93,2	93,2	93,2	93,2	93,2	93,3	93,3	93,3
t2	70,00	87,20	87,1	87,1	87,1	87,2	87,2	87,2	87,2	87,2	87,3	87,3	87,3
t3	100,00	81,30	81,1	81,2	81,2	81,3	81,3	81,3	81,3	81,4	81,4	81,4	81,4
t4	130,00	75,40	75,2	75,3	75,3	75,3	75,3	75,4	75,4	75,5	75,5	75,5	75,6
t4a	135,00	74,39											
t4b	136,30	73,93											
t5	141,30	72,95	72,8	72,8	72,9	72,9	72,9	72,9	73,0	73,0	73,0	73,1	73,1
t6	171,30	67,11	67,0	67,0	67,0	67,1	67,1	67,1	67,1	67,1	67,2	67,2	67,2
t6a	176,30	66,13											
t6b	179,30	65,06											
t7	184,30	64,20	64,1	64,1	64,1	64,2	64,2	64,2	64,2	64,2	64,3	64,3	64,3
t8	214,30	58,80	58,7	58,7	58,7	58,8	58,8	58,8	58,8	58,8	58,9	58,9	58,9
t9	244,30	53,50	53,3	53,4	53,4	53,5	53,5	53,5	53,5	53,6	53,6	53,6	53,6
t10	274,30	48,20	48,1	48,1	48,1	48,2	48,2	48,2	48,2	48,2	48,3	48,3	48,3
t11	344,30	31,80	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8

* Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :* Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B1 : 101,0766	Nilai konstante B2 : 96,91396	Beda suhu rata-rata Logam Cu = 5,633333
Simpangan baku untuk B1: 0,038729	Simpangan baku untuk B2: 0,038729	Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,4651
Nilai koef. korelasi : 0,923182	Nilai koef. korelasi : 0,932178	Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 1,0733
Jumlah pasangan data : 4	Jumlah pasangan data : 4	Konduktivitas panas-1 = 202,0700
Derajat Kebebasan : 2	Derajat Kebebasan : 2	Konduktivitas panas-2 = 202,0714
Nilai koefisien A1 : -0,19766	Nilai koefisien A2 : -0,17766	Konduktivitas panas Aluminium = 202,0726
Simpangan baku untuk A1: 0,000577	Simpangan baku untuk A2: 0,000577	Suhu keadaan tunak = 70,7

$L_a = 1,30 \text{ mm}$
 $L_b = 3,00 \text{ mm}$
 $L_R = 30,00 \text{ mm}$

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	40,00	102,50	102,3	102,3	102,4	102,4	102,5	102,5	102,6	102,6	102,7	102,7
t2	70,00	95,19	95,0	95,1	95,1	95,1	95,2	95,2	95,2	95,3	95,3	95,4
t3	100,00	88,01	87,9	87,9	87,9	88,0	88,0	88,0	88,0	88,1	88,1	88,2
t4	130,00	80,87	80,8	80,8	80,8	80,8	80,8	80,9	80,9	80,9	81,0	81,0
t4a	135,00	80,46										
t4b	136,30	79,90										
t5	141,30	78,79	78,6	78,7	78,7	78,7	78,8	78,8	78,8	78,9	78,9	79,0
t6	171,30	72,15	72,0	72,0	72,0	72,1	72,1	72,1	72,2	72,3	72,3	72,4
t6a	176,30	71,04										
t6b	179,30	69,75										
t7	184,30	69,99	69,9	69,9	69,9	69,9	69,9	70,0	70,0	70,1	70,1	70,2
t8	214,30	63,35	63,2	63,2	63,3	63,3	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	63,5
t9	244,30	56,75	56,6	56,6	56,7	56,7	56,8	56,8	56,8	56,8	56,8	56,9
t10	274,30	50,20	50,1	50,1	50,1	50,2	50,2	50,2	50,2	50,3	50,3	50,3
t11	344,30	31,80	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8

‡ Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B1 : 112,05
 Simpangan baku untuk B1: 0,070710
 Nilai koef. korelasi : 0,910731
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,24
 Simpangan baku untuk A1: 0,001054

‡ Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B2 : 110,4955
 Simpangan baku untuk B2: 0,031859
 Nilai koef. korelasi : 0,921090
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,2199
 Simpangan baku untuk A2: 0,000474

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 6,903333
 Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,561333
 Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 1,295833
 Konduktivitas panas-1 = 205,1732
 Konduktivitas panas-2 = 205,1022
 Konduktivitas panas Aluminium = 205,0479
 Suhu keadaan tunak = 76,35

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	111,49	111,3	111,3	111,4	111,4	111,5	111,5	111,5	111,5	111,6	111,7	111,7
t2	70,00	103,88	103,8	103,8	103,8	103,8	103,9	103,9	103,9	103,9	103,9	104,0	104,0
t3	100,00	96,31	96,2	96,2	96,2	96,3	96,3	96,3	96,3	96,3	96,3	96,5	96,5
t4	130,00	88,77	88,6	88,6	88,7	88,7	88,8	88,8	88,8	88,8	88,9	88,9	88,9
t4a	135,00	87,48											
t4b	136,30	86,88											
t5	141,30	85,65	85,5	85,5	85,6	85,6	85,6	85,6	85,7	85,7	85,7	85,8	85,8
t6	171,30	78,30	78,1	78,1	78,2	78,2	78,3	78,3	78,3	78,4	78,4	78,5	78,5
t6a	176,30	77,09											
t6b	179,30	75,71											
t7	184,30	74,50	74,3	74,4	74,4	74,4	74,5	74,5	74,5	74,6	74,6	74,6	74,7
t8	214,30	67,13	66,9	67,0	67,0	67,1	67,1	67,1	67,1	67,2	67,2	67,3	67,4
t9	244,30	59,77	59,5	59,6	59,6	59,7	59,7	59,7	59,8	59,8	59,9	60,0	60,1
t10	274,30	52,42	52,2	52,3	52,3	52,4	52,4	52,4	52,4	52,5	52,5	52,6	52,6
t11	344,30	31,80	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8

‡ Hasil regresi-1 (Y=AX+B) :

‡ Hasil regresi-2 (Y=AX+B) :

Nilai konstante B1 : 121,5693	Nilai konstante B2 : 119,7099	Beda suhu rata-rata Logam Cu = 7,466666
Simpangan baku untuk B1: 0,024799	Simpangan baku untuk B2: 0,007071	Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,595833
Nilai koef. korelasi : 0,907655	Nilai koef. korelasi : 0,915679	Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 1,374933
Jumlah pasangan data : 4	Jumlah pasangan data : 4	
Derajat Kebebasan : 2	Derajat Kebebasan : 2	Konduktivitas panas-1 = 209,0666
Nilai koefisien A1 : -0,25243	Nilai koefisien A2 : -0,24533	Konduktivitas panas-2 = 209,0768
Simpangan baku untuk A1: 0,000369	Simpangan baku untuk A2: 0,000105	Konduktivitas panas Aluminium = 209,0845
		Suhu keadaan tunak = 81,955

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata- rata	Pengukuran ke :									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	40,00	119,40	119,2	119,3	119,3	119,3	119,4	119,4	119,5	119,5	119,5	119,6
t2	70,00	110,84	110,7	110,7	110,8	110,8	110,8	110,8	110,9	110,9	111,0	111,0
t3	100,00	102,29	102,1	102,2	102,2	102,3	102,3	102,3	102,3	102,4	102,4	102,4
t4	130,00	93,79	93,7	93,6	93,7	93,7	93,7	93,8	93,8	93,9	94,0	94,0
t4a	135,00	92,41										
t4b	136,30	91,77										
t5	141,30	90,34	90,1	90,2	90,2	90,3	90,3	90,4	90,4	90,5	90,5	90,5
t6	171,30	81,79	81,6	81,6	81,7	81,7	81,8	81,8	81,8	81,9	82,0	82,0
t6a	176,30	80,36										
t6b	179,30	78,87										
t7	184,30	77,75	77,6	77,6	77,7	77,7	77,7	77,7	77,8	77,8	77,9	78,0
t8	214,30	69,68	69,5	69,6	69,6	69,6	69,6	69,7	69,7	69,8	69,8	69,9
t9	244,30	61,73	61,5	61,6	61,6	61,7	61,7	61,7	61,8	61,8	61,9	62,0
t10	274,30	53,80	53,6	53,7	53,7	53,8	53,8	53,8	53,9	53,9	53,9	53,9
t11	344,30	31,80	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8

* Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :

* Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B1 : 130,771
 Simpangan baku untuk B1: 0,022135
 Nilai keef. korelasi : 0,913217
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,2846
 Simpangan baku untuk A1: 0,000329

Nilai konstante B2 : 126,7338
 Simpangan baku untuk B2: 0,051961
 Nilai keef. korelasi : 0,913203
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,266
 Simpangan baku untuk A2: 0,000774

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 8,26
 Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,649408
 Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 1,498633
 Konduktivitas panas-1 = 212,1998
 Konduktivitas panas-2 = 212,2000
 Konduktivitas panas Aluminium = 212,2001
 Suhu keadaan tunak = 86,6

ANALISIS DATA PERCOBAAN UNTUK T = 140 C

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	129,29	129,0	129,1	129,2	129,3	129,3	129,3	129,3	129,4	129,4	129,4	129,5
t2	70,00	119,68	119,5	119,5	119,6	119,6	119,7	119,7	119,7	119,7	119,8	119,8	119,9
t3	100,00	110,12	110,0	110,1	110,2	110,2	110,2	110,2	110,2	110,3	110,3	110,3	109,4
t4	130,00	100,57	100,4	100,4	100,5	100,5	100,5	100,6	100,6	100,6	100,7	100,7	100,7
t4a	135,00	98,96											
t4b	136,30	98,24											
t5	141,30	96,71	96,6	96,6	96,6	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	96,8	96,8	96,9
t6	171,30	87,51	87,3	87,4	87,4	87,4	87,4	87,5	87,5	87,6	87,6	87,7	87,7
t6a	176,30	85,98											
t6b	179,30	84,32											
t7	184,30	82,91	82,7	82,8	82,9	82,9	82,9	82,9	82,9	82,9	83,0	83,0	83,1
t8	214,30	74,03	73,9	73,9	73,9	74,0	74,0	74,0	74,0	74,1	74,1	74,2	74,2
t9	244,30	65,31	65,1	65,1	65,1	65,2	65,3	65,4	65,4	65,4	65,5	65,5	65,5
t10	274,30	56,60	56,4	56,5	56,5	56,5	56,5	56,6	56,6	56,7	56,7	56,7	56,8
t11	344,30	31,80	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8

‡ Hasil regresi-1 (Y=AX+B) :

‡ Hasil regresi-2 (Y=AX+B) :

Nilai konstante B1 : 142,0357
 Simpangan baku untuk B1 : 0,022136
 Nilai koef. korelasi : 0,913218
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,31907
 Simpangan baku untuk A1 : 0,000329

Nilai konstante B2 : 136,7063
 Simpangan baku untuk B2 : 0,064614
 Nilai koef. korelasi : 0,913198
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,29216
 Simpangan baku untuk A2 : 0,000963

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 9,171666
 Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,718333
 Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 1,655833
 Konduktivitas panas-1 = 213,0124
 Konduktivitas panas-2 = 213,2516
 Konduktivitas panas Aluminium = 213,4348
 Suhu keadaan tunak = 92,945

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	130,20	130,0	130,0	130,1	130,2	130,2	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3	130,3
t2	70,00	128,08	127,9	127,9	128,0	128,0	128,1	128,1	128,1	128,2	128,2	128,2	128,3
t3	100,00	117,96	117,8	117,8	117,9	117,9	118,0	118,0	118,0	118,0	118,1	118,1	118,1
t4	130,00	107,87	107,7	107,7	107,7	107,8	107,8	107,8	107,9	108,0	108,1	108,2	108,2
t4a	135,00	106,19											
t4b	136,30	105,40											
t5	141,30	103,71	103,6	103,6	103,6	103,6	103,7	103,7	103,8	103,8	103,8	103,9	103,9
t6	171,30	93,59	93,3	93,4	93,5	93,5	93,6	93,6	93,7	93,7	93,8	93,8	93,8
t6a	176,30	91,90											
t6b	179,30	90,10											
t7	184,30	88,45	88,3	88,3	88,4	88,4	88,4	88,5	88,5	88,5	88,6	88,6	88,6
t8	214,30	78,54	78,4	78,4	78,5	78,5	78,5	78,6	78,6	78,6	78,6	78,7	78,7
t9	244,30	68,67	68,4	68,5	68,6	68,6	68,7	68,7	68,7	68,8	68,8	68,9	68,9
t10	274,30	58,72	58,6	58,6	58,6	58,7	58,7	58,7	58,8	58,8	58,8	58,9	58,9
t11	344,30	31,80	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8

* Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :

* Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B1 : 151,6753
 Simpangan baku untuk B1: 0,011618
 Nilai koef. korelasi : 0,912109
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,34
 Simpangan baku untuk A1: 0,000173

Nilai konstante B2 : 149,3098
 Simpangan baku untuk B2: 0,023664
 Nilai koef. korelasi : 0,912107
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,3302
 Simpangan baku untuk A2: 0,000352

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 10,01
 Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,779166
 Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 1,798333
 Konduktivitas panas-1 = 214,3317
 Konduktivitas panas-2 = 214,3012
 Konduktivitas panas Aluminium = 214,2778
 Suhu keadaan tunak = 98,46

ANALISIS DATA PERCOBAAN UNTUK T = 160 C

53

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	40,00	147,30	147,1	147,1	147,2	147,3	147,3	147,4	147,4	147,4	147,4	147,4
t2	70,00	136,29	136,1	136,1	136,2	136,2	136,3	136,3	136,4	136,4	136,4	136,5
t3	100,00	125,30	125,2	125,2	125,3	125,3	125,4	125,4	125,4	125,5	125,5	125,6
t4	130,00	114,12	113,8	113,8	113,9	114,0	114,1	114,1	114,2	114,3	114,5	114,5
t4a	135,00	112,36										
t4b	136,30	111,51										
t5	141,30	109,75	109,4	109,5	109,6	109,6	109,7	109,7	109,8	109,9	110,0	110,1
t6	171,30	99,17	99,2	99,3	99,4	99,4	99,5	99,5	99,5	99,6	99,6	99,7
t6a	176,30	97,41										
t6b	179,30	95,44										
t7	184,30	93,05	93,7	93,7	93,8	93,8	93,9	93,9	93,9	93,9	94,0	94,0
t8	214,30	83,27	83,0	83,1	83,2	83,2	83,2	83,3	83,3	83,4	83,4	83,6
t9	244,30	72,13	72,0	72,0	72,0	72,1	72,1	72,1	72,2	72,2	72,3	72,3
t10	274,30	60,99	60,7	60,7	60,8	60,9	61,0	61,1	61,1	61,1	61,2	61,3
t11	344,30	31,00	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8

‡ Hasil regresi-1 (Y=AX+B) :

‡ Hasil regresi-2 (Y=AX+B) :

Nilai konstante B1 : 162,0566
 Simpangan baku untuk B1: 0,113468
 Nilai koef. korelasi : 0,912067
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,37
 Simpangan baku untuk A1: 0,001691

Nilai konstante B2 : 161,4480
 Simpangan baku untuk B2: 0,213014
 Nilai koef. korelasi : 0,911959
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,36583
 Simpangan baku untuk A2: 0,003175

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 11,00833
 Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,854333
 Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 1,971366
 Konduktivitas panas-1 = 214,9695
 Konduktivitas panas-2 = 214,9883
 Konduktivitas panas Aluminium = 215,0026
 Suhu keadaan tunak = 104,145

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	40,00	156,80	156,6	156,6	156,7	156,8	156,8	156,9	156,9	156,9	156,9	156,9
t2	70,00	145,59	145,4	145,4	145,5	145,5	145,6	145,6	145,7	145,7	145,7	145,8
t3	100,00	134,35	134,2	134,2	134,3	134,3	134,3	134,4	134,4	134,4	134,5	134,5
t4	130,00	123,12	122,8	122,8	122,9	123,0	123,1	123,1	123,2	123,3	123,5	123,5
t4a	135,00	121,25										
t4b	136,30	120,37										
t5	141,30	118,53	118,3	118,4	118,4	118,4	118,5	118,5	118,6	118,7	118,7	118,8
t6	171,30	107,47	107,2	107,3	107,4	107,4	107,5	107,5	107,5	107,6	107,6	107,7
t6a	176,30	105,63										
t6b	179,30	103,61										
t7	184,30	101,86	101,7	101,7	101,8	101,8	101,9	101,9	101,9	101,9	102,0	102,0
t8	214,30	90,20	90,1	90,1	90,2	90,2	90,2	90,3	90,3	90,4	90,4	90,6
t9	244,30	79,15	79,0	79,0	79,1	79,1	79,1	79,2	79,2	79,2	79,3	79,3
t10	274,30	67,99	67,7	67,7	67,8	67,9	68,0	68,1	68,1	68,1	68,2	68,3
t11	344,30	31,84	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0

* Hasil regresi-1 (Y=AX+B) :

* Hasil regresi-2 (Y=AX+B) :

Nilai konstante B1 : 171,7776
 Simpangan baku untuk B1 : 0,009486
 Nilai koef. korelasi : 0,912109
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,37426
 Simpangan baku untuk A1 : 0,000141

Nilai konstante B2 : 170,9909
 Simpangan baku untuk B2 : 0,166763
 Nilai koef. korelasi : 0,912022
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,3758
 Simpangan baku untuk A2 : 0,002485

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 11,25833

Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,873333

Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 2,014666

Konduktivitas panas-1 = 215,0605

Konduktivitas panas-2 = 215,1451

Konduktivitas panas Aluminium = 215,2038

Suhu keadaan tunak = 112,395

$L_a = 1,30 \text{ mm}$
 $L_b = 3,00 \text{ mm}$
 $L_R = 30,00 \text{ mm}$

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	40,00	165,80	165,6	165,6	165,7	165,8	165,8	165,9	165,9	165,9	165,9	165,9
t2	70,00	154,16	153,9	153,9	154,0	154,0	154,1	154,1	154,3	154,4	154,4	154,5
t3	100,00	142,52	142,4	142,4	142,5	142,5	142,5	142,5	142,6	142,6	142,6	142,6
t4	130,00	130,44	130,2	130,4	130,4	130,5	130,5	130,6	130,6	130,5	130,4	130,3
t4a	135,00	128,61										
t4b	136,30	127,69										
t5	141,30	125,62	125,4	125,5	125,5	125,6	125,6	125,6	125,7	125,7	125,8	125,8
t6	171,30	113,23	113,0	113,1	113,2	113,2	113,3	113,3	113,2	113,2	113,4	113,4
t6a	176,30	111,17										
t6b	179,30	109,83										
t7	184,30	107,36	107,2	107,2	107,3	107,3	107,4	107,4	107,4	107,4	107,5	107,5
t8	214,30	94,48	94,2	94,3	94,4	94,4	94,5	94,5	94,5	94,6	94,6	94,6
t9	244,30	82,56	82,4	82,4	82,5	82,5	82,6	82,6	82,6	82,6	82,7	82,7
t10	274,30	70,96	70,7	70,8	70,8	71,0	71,0	71,1	71,2	71,2	71,3	71,3
t11	344,30	31,84	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0

‡ Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :

‡ Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B1 :	181,584	Nilai konstante B2 :	181,4160	Beda suhu rata-rata Logam Cu =	11,96
Simpangan baku untuk B1 :	0,170411	Simpangan baku untuk B2 :	0,463724	Beda suhu sampel-1 ($t_{4a}-t_{4b}$) =	0,925
Nilai koef. korelasi :	0,912026	Nilai koef. korelasi :	0,911524	Beda suhu sampel-2 ($t_{6a}-t_{6b}$) =	2,138333
Jumlah pasangan data :	4	Jumlah pasangan data :	4	Konduktivitas panas-1 =	215,7109
Derajat Kebebasan :	2	Derajat Kebebasan :	2	Konduktivitas panas-2 =	215,3359
Nilai koefisien A1 :	-0,39	Nilai koefisien A2 :	-0,40373	Konduktivitas panas Aluminium =	215,05
Simpangan baku untuk A1 :	0,002540	Simpangan baku untuk A2 :	0,006912	Suhu keadaan tunak =	118,38

$L_a = 1,30\text{ mm}$
 $L_b = 3,00\text{ mm}$
 $LR = 30,00\text{ mm}$

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
t1	40,00	170,50	170,3	170,3	170,4	170,4	170,5	170,5	170,5	170,6	170,6	170,7	170,7
t2	70,00	158,13	158,0	158,0	158,0	158,1	158,1	158,1	158,1	158,2	158,2	158,3	158,3
t3	100,00	145,92	145,8	145,8	145,8	145,9	145,9	145,9	145,9	146,0	146,0	146,0	146,1
t4	130,00	133,50	133,2	133,4	133,3	133,5	133,5	133,5	133,6	133,6	133,6	133,6	133,7
t4a	135,00	131,40											
t4b	136,30	130,53											
t5	141,30	128,34	128,2	128,2	128,2	128,2	128,5	128,3	128,4	128,4	128,4	128,5	128,5
t6	171,30	115,19	115,1	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2	115,2
t6a	176,30	113,00											
t6b	179,30	110,83											
t7	184,30	108,83	108,4	108,4	108,5	108,6	108,8	108,9	109,0	109,2	109,2	109,3	109,3
t8	214,30	96,91	96,4	96,4	96,5	96,7	96,9	97,0	97,1	97,2	97,4	97,5	97,5
t9	244,30	85,07	84,5	84,6	84,7	84,9	85,1	85,3	85,4	85,4	85,4	85,4	85,4
t10	274,30	73,06	72,8	72,8	72,9	73,0	73,0	73,1	73,2	73,2	73,3	73,3	73,3
t11	344,30	31,86	32,0	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	31,9	32,0

* Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :

* Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B1 : 186,922
 Simpangan baku untuk B1: 0,061114
 Nilai koef. korelasi : 0,912100
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,41
 Simpangan baku untuk A1: 0,000911

Nilai konstante B2 : 182,0378
 Simpangan baku untuk B2: 0,050744
 Nilai koef. korelasi : 0,912102
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,39716
 Simpangan baku untuk A2: 0,000756

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 12,12833
 Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,945833
 Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 2,1725
 Konduktivitas panas-1 = 213,9288
 Konduktivitas panas-2 = 214,9324
 Konduktivitas panas Aluminium = 215,7063
 Suhu keadaan tunak = 121,78

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	40,00	174,90	174,7	174,7	174,8	174,8	174,9	174,9	175,0	175,0	175,1	175,1
t2	70,00	162,20	162,0	162,0	162,1	162,1	162,2	162,2	162,2	162,3	162,4	162,5
t3	100,00	149,56	149,4	149,4	149,5	149,5	149,5	149,6	149,6	149,7	149,7	149,7
t4	130,00	137,69	137,5	137,5	137,6	137,6	137,7	137,7	137,7	137,9	137,8	137,9
t4a	135,00	135,38										
t4b	136,30	134,44										
t5	141,30	131,76	131,5	131,5	131,5	131,7	131,7	131,8	131,8	131,9	132,0	132,2
t6	171,30	115,67	115,3	115,4	115,4	115,5	115,6	115,7	115,8	115,9	116,0	116,1
t6a	176,30	112,99										
t6b	179,30	110,83										
t7	184,30	108,83	108,4	108,4	108,5	108,6	108,8	108,9	109,0	109,2	109,2	109,3
t8	214,30	96,91	96,4	96,4	96,5	96,7	96,9	97,0	97,1	97,2	97,4	97,5
t9	244,30	85,37	84,5	84,6	84,7	84,9	85,1	85,3	85,4	85,4	85,4	85,4
t10	274,30	73,06	72,8	72,8	72,9	73,0	73,0	73,1	73,2	73,2	73,3	73,3
t11	344,30	31,86	32,0	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0

* Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :* Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

Nilai konstante B1 : 191,2973
 Simpangan baku untuk B1: 0,050744
 Nilai koef. korelasi : 0,912102
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A1 : -0,41423
 Simpangan baku untuk A1: 0,009028

Nilai konstante B2 : 182,0378
 Simpangan baku untuk B2: 0,050744
 Nilai koef. korelasi : 0,912102
 Jumlah pasangan data : 4
 Derajat Kebebasan : 2
 Nilai koefisien A2 : -0,39716
 Simpangan baku untuk A2: 0,000756

Regression Output:

Constant
 Std Err of Y Est : 0,314189
 R Squared : 0,999744

Beda suhu rata-rata Logam Cu = 12,16
 Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 0,93
 Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 2,16
 Konduktivitas panas-1 = 217,23
 Konduktivitas panas-2 = 217,14
 Konduktivitas panas Aluminium = 217,08
 Suhu keadaan tunak = 123,98

ANALISIS DATA PERCOBAAN UNTUK T=195 C

58

La = 1,30 mm
 Lb = 3,00 mm
 LR = 30,00 mm

No. sensor suhu	Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t1	40,00	179,40	179,2	179,2	179,3	179,3	179,4	179,4	179,5	179,5	179,6	179,6
t2	70,00	166,20	166,0	166,0	166,1	166,1	166,1	166,2	166,2	166,4	166,4	166,5
t3	100,00	153,10	153,0	153,0	153,0	153,1	153,1	153,1	153,1	153,2	153,2	153,2
t4	130,00	139,69	139,5	139,5	139,6	139,6	139,7	139,7	139,7	139,9	139,8	139,9
t4a	135,00	137,56										
t4b	136,30	136,55										
t5	141,30	134,28	134,0	134,0	134,1	134,2	134,2	134,3	134,4	134,5	134,5	134,5
t6	171,30	120,64	120,3	120,3	120,4	120,5	120,6	120,7	120,7	120,9	121,0	121,1
t6a	176,30	118,36										
t6b	179,30	116,03										
t7	184,30	114,08	113,5	113,6	113,7	113,8	114,0	114,2	114,3	114,4	114,6	114,7
t8	214,30	100,41	99,9	99,9	100,0	100,2	100,4	100,5	100,6	100,7	100,9	101,0
t9	244,30	89,67	88,0	88,1	88,2	88,4	88,6	88,8	88,9	89,1	89,3	89,3
t10	274,30	75,03	74,7	74,7	74,8	75,0	75,0	75,1	75,2	75,2	75,3	75,3
t11	344,30	31,86	32,0	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0

‡ Hasil regresi-1 (Y=AX+B) :

‡ Hasil regresi-2 (Y=AX+B) :

Nilai konstante B1 : 197,0626	Nilai konstante B2 : 193,0624	Beda suhu rata-rata Logam Cu = 13,20
Simpangan baku untuk B1: 0,098564	Simpangan baku untuk B2: 0,605669	Beda suhu sampel-1 (t4a-t4b) = 1,01
Nilai koef. korelasi : 0,912007	Nilai koef. korelasi : 0,911227	Beda suhu sampel-2 (t6a-t6b) = 2,33
Jumlah pasangan data : 4	Jumlah pasangan data : 4	Konduktivitas panas-1 = 217,86
Derajat Kebebasan : 2	Derajat Kebebasan : 2	Konduktivitas panas-2 = 217,88
Nilai koefisien A1 : -0,44076	Nilai koefisien A2 : -0,42963	Konduktivitas panas Aluminium = 217,89
Simpangan baku untuk A1: 0,001469	Simpangan baku untuk A2: 0,000028	Suhu keadaan tunak = 127,215

SELESA

PAMERAN

01 MAY 1996

1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015
1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030
1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045
1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060
1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075
1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090
1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105
1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120
1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135
1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150

1. Tujuan
 2. Sasaran
 3. Maksud
 4. Waktu
 5. Tempat

1. Nama
 2. Alamat
 3. No. Telp.

1. Nama
 2. Alamat
 3. No. Telp.

1. Nama
 2. Alamat
 3. No. Telp.

1. Nama
 2. Alamat
 3. No. Telp.

1. Nama
 2. Alamat
 3. No. Telp.

ANALISIS DATA PERCOBAAN UNTUK $T=200\text{ C}$

59

- = 1,30 mm
- = 3,00 mm
- = 30,00 mm

Posisi sensor suhu	Suhu rata-rata	Pengukuran ke :										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
40,00	183,65	183,6	183,6	183,6	183,7	183,6	183,6	183,7	183,7	183,7	183,7	183,7
73,00	170,07	169,9	169,9	170,0	170,0	170,1	170,1	170,1	170,2	170,2	170,2	170,2
100,00	156,24	156,0	156,0	156,0	156,2	156,2	156,3	156,3	156,4	156,5	156,5	156,5
130,00	141,58	141,2	141,3	141,4	141,5	141,5	141,6	141,7	141,8	141,9	141,9	141,9
135,00	139,55											
136,30	138,50											
141,30	136,28	136,0	136,0	136,1	136,2	136,2	136,3	136,4	136,5	136,5	136,5	136,6
171,30	122,94	122,5	122,5	122,7	122,8	122,9	123,0	123,1	123,2	123,3	123,3	123,4
176,30	120,72											
179,30	118,30											
184,30	116,09	115,6	115,6	115,7	115,8	116,0	116,2	116,3	116,4	116,6	116,6	116,7
214,30	102,40	101,8	101,9	102,0	102,2	102,4	102,5	102,6	102,7	102,9	103,0	103,0
244,30	88,67	88,0	88,1	88,2	88,4	88,6	88,8	88,9	89,1	89,3	89,3	89,3
274,30	75,28	74,6	74,7	74,8	75,0	75,2	75,4	75,6	75,7	75,9	75,9	75,9
344,30	31,84	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	32,0

Hasil regresi-1 ($Y=AX+B$) :

- konstante B1 : 202,563
- Simpangan baku untuk B1: 0,392695
- koef. korelasi : 0,911795
- Jumlah pasangan data : 4
- Derajat Kebebasan : 2,00
- koefisien A1 : -0,4668
- Simpangan baku untuk A1: 0,005853

Hasil regresi-2 ($Y=AX+B$) :

- Nilai konstante B2 : 199,6816
- Simpangan baku untuk B2: 0,121901
- Nilai koef. korelasi : 0,912077
- Jumlah pasangan data : 4
- Derajat Kebebasan : 2
- Nilai koefisien A2 : -0,45386
- Simpangan baku untuk A2: 0,001817

- Beda suhu rata-rata Logam Cu = 13,75
- Beda suhu sampel-1 ($t_{4a}-t_{4b}$) = 1,05
- Beda suhu sampel-2 ($t_{6a}-t_{6b}$) = 2,41
- Konduktivitas panas-1 = 219,10
- Konduktivitas panas-2 = 219,40
- Konduktivitas panas Aluminium = 219,62
- Suhu keadaan tunak = 129,47

MILIK
PERPUSTAKAAN
"UNIVERSITAS AIRLANGGA"
SURABAYA

N.
Sis,
Nil
Jus
Dey
Nil
Sir

