



UNIVERSITAS INDONESIA

ALAT UKUR MUAI PANJANG LOGAM

SKRIPSI

RAHMAT GOZALI

0906602143

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA INSTRUMENTASI
DEPOK
JUNI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

ALAT UKUR MUAI PANJANG LOGAM

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat meraih gelar sarjana sains

RAHMAT GOZALI

0906602143

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA EKSTENSI
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI
DEPOK
JUNI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Rahmat Gozali

NPM : 0906602143

Tanda tangan: 

Tanggal : 14 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rahmat Gozali
NPM : 0906602143
Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi
Judul Skripsi : Alat Ukur Muai Panjang Logam

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Instrumentasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

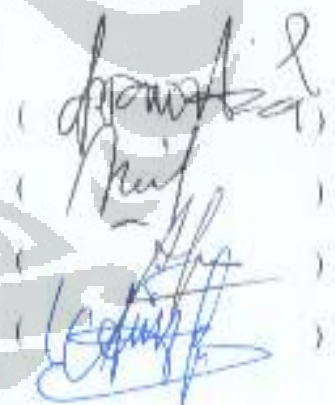
DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1: Dr. Prawito

Pembimbing 2: Drs. Arief Sudarmaji, MT

Penguji 1 : Dr. Sastra Kusuma Wijaya

Penguji 2 : Arief Syarifuddin Fitrianto M.Si



Ditetapkan di : Ruang Seminar, Gedung Fisika, FMIPA UI

Tanggal : 14 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT beserta Nabi Muhammad SAW, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Walaupun dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis menemukan berbagai macam kesulitan, tetapi Allah SWT senantiasa memberikan tetesan rahmat-Nya sehingga semua rintangan dan tantangan dapat dilalui dengan ridha-Nya.

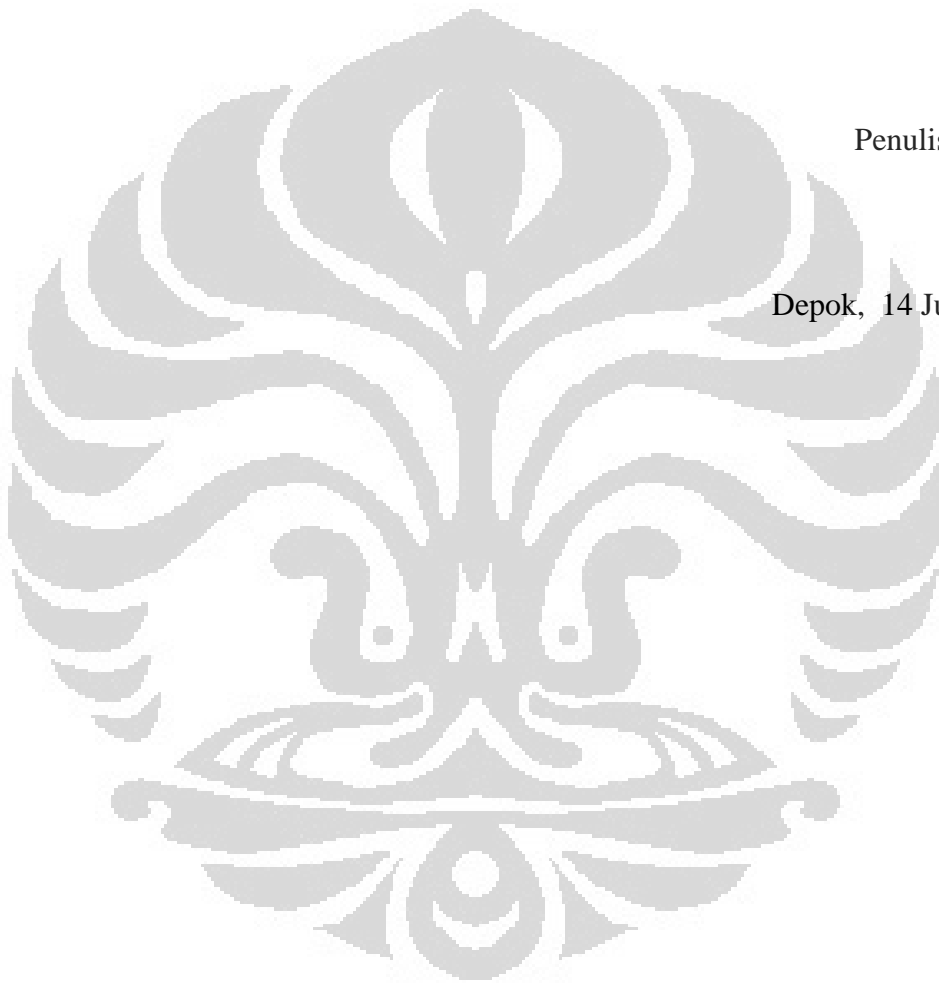
Penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul “Alat Ukur Muai Panjang Logam” yang bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan S1 Departemen Fisika, program studi Instrumentasi, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia. Dalam penyelesaian laporan ini banyak pihak yang telah berjasa, sehingga tanpa bantuan mereka pekerjaan ini tidak akan berarti. Tidak ada yang dapat saya persembahkan selain ucapan terima kasih yang terutama sekali kepada:

1. Dr. Prawito dan Drs. Arief Sudarmaji, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan pengetahuannya yang berkaitan dengan tugas akhir ini.
2. Kepada kedua orangtua saya tercinta yang selalu mendukung dari awal hingga selesainya tugas akhir ini.
3. Saudara- saudara saya Ridwan, Riani, Rina, Rosi, Ratih, dan Rian yang telah banyak mendukung dan mensupport dalam pembuatan hingga selesainya skripsi ini.
4. Saudara Atom yang telah membantu dalam pembuatan protel rangkaian elektronika skripsi ini, thanks bro.
5. Teman – teman seangkatan yang selalu dapat bekerja sama dengan baik yaitu Slamet Mualif, Diana dan lain – lainnya yang tidak bisa aku sebutkan satu persatu.

Kepada Allah SWT aku berdoa, mudah-mudahan, apa yang telah aku lakukan dan kemudian disusun laporan ini bermanfaat bagi para pembaca. Yang baik dan benar dan sempurna pastilah datangnya dari Allah SWT, dan segala yang tidak baik, yang tidak sempurna tentu merupakan ketidaksempurnaan ku sebagai hamba-Nya yang mempunyai banyak kekurangan. Untuk itu aku mengharapkan kritik dan saran guna meningkatkan kualitas penulisan laporan ini.

Penulis

Depok, 14 Juni 2012



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rahmat Gozali

NPM : 0906602143

Program Studi : Ekstensi Fisika Instrumentasi

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

ALAT UKUR MUAI PANJANG LOGAM

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 14 Juni 2012

Yang menyatakan



(Rahmat Gozali)

ABSTRAK

Nama : Rahmat Gozali
Program studi : Fisika Instrumentasi
Judul : Alat Ukur Muai Panjang Logam

Telah dibuat alat ukur muai panjang logam yang berbasis mikrokontroler dengan dilengkapi heater sebanyak 6 buah, dimana masing-masing berdaya 150 watt, 220 VAC dengan ukuran 25x30mm. Sebagai sensor temperatur, digunakan sensor temperatur termokopel tipe K yang memiliki range deteksi -200°C hingga 1200°C sebanyak 5 buah dan sensor posisi menggunakan sensor LVDT yang dapat mendeteksi perubahan jarak hingga 2,5mm. Alat ini dapat mengukur perubahan panjang muai logam akibat pemanasan yang dilakukan heater dan perubahan temperatur yang dibaca oleh mikrokontroler untuk dikirimkan ke PC melalui komunikasi serial RS232, di PC program LabVIEW data tersebut akan diproses dan menampilkan penambahan data awal panjang logam sehingga didapatkan koefisien muai panjang logam. Berdasarkan hasil percobaan bahwa semakin tinggi temperatur maka perubahan muai panjang logam akan semakin besar dan koefisien muai logam sampel aluminium pada temperatur 183°C adalah $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ untuk mekanik heater nozzle, sedangkan untuk mekanik heater infrared bernilai sama dengan koefisien muai logam yang didapat untuk sampel aluminium pada temperatur 150°C adalah $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Kata kunci: Heater , Sensor LVDT, Termokopel

ABSTRACT

Name : Rahmat Gozali
Program : Fisika Instrumentasi
Title : Metal Length Expansion Measuring Instrument

Has created long-gauge metal expansion-based microcontroller instrument with 6 heaters, each heaters has 150 watt power, 220 VAC, and 25x30mm dimension. As a temperature sensor, it use 5 pieces type K thermocouple temperature sensor which has a detection range -200°C to 1200°C and LVDT position sensors which is able to detect changes in distance of up to 2.5 mm. This instrument can measure the length changes due to heating of metal expansion and temperature changes that are read by the microcontroller to be sent to a PC via RS232 serial communication. PC LabVIEW program data will be processed and preliminary data showing the addition of metal so we get a long term expansion coefficient of metal. Based on experimental results that the higher the metal's temperature will change the length of expansion and the greater expansion coefficient value of aluminum metal sample at a temperature of 183°C is $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ for the mechanical heater nozzle, whereas for mechanical infrared heater has the same value with metal expansion coefficient which is obtained for samples of aluminum at a temperature of 150°C is $2.5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

Keywords: Heater , LVDT Sensor, Thermocouple

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
BAB 1 : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Deskripsi Singkat	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 : TEORI DASAR	5
2.1 Teori Pemuaian	5
2.1.1 Muai Panjang Zat Padat	5
2.1.2 Muai Luas Zat Padat	7
2.1.3 Muai Volume Zat Padat	8
2.2 Sensor	8
2.3.1 Sensor LVDT	9
2.3.2 Termokopel	10
BAB 3 : PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	16
3.1 Perancangan Sistem.....	16
3.2 Perancangan Mekanik Alat	17
3.2.1 Perancangan Mekanik Dengan Menggunakan Heater Nozzel	17
3.2.2 Perancangan Mekanik Dengan Menggunakan Heater Infra Red	19
3.3 Perancangan Hardware Rangkaian	21
3.3.1 Rangkaian Power Suply	22
3.3.2 Rangkaian Penguat Termokopel Cold junction	23
3.3.3 Rangkaian Pengkondisian Signal LVDT AD 589JR ..	24
3.3.4 SSR	26
3.3.5 Rangkaian Minimum Sistem AT Mega 8535	27
3.4 Perancangan Software Sistem.....	28
3.4.1 Program Mikrokontroler AT Mega 8535	29

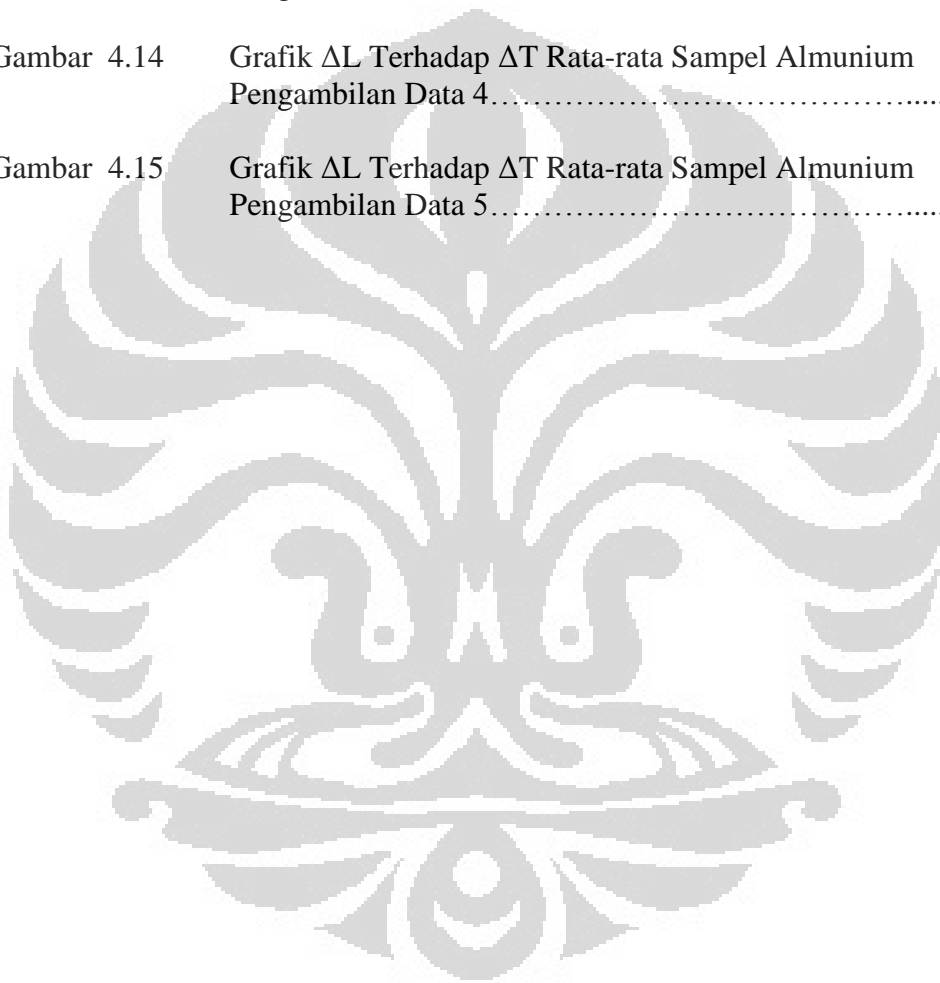
3.4.2 Program LabVIEW	31
BAB 4 : HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA	33
4.1 Pengujian Sistem	33
4.1.1 Kalibrasi Rangkaian Penguat Termokopel (Cold Junction)	33
4.1.2 Data 5 Temperatur Termokopel	36
4.1.3 Kalibrasi Sensor LVDT	37
4.2 Pengujian Sampel	38
4.2.1 Pengujian Sampel Dengan Mekanik Heater Nozzel ...	38
4.2.1 Pengujian Sampel Almunium	38
4.2.2 Pengujian Sampel Kuningan	39
4.2.3 Pengujian Sampel Tembaga	40
4.2.2 Pengujian Sampel Almunium Dengan Mekanik Heater Infra Red	41
BAB 5 : KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR REFERENSI.....	46
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemuaian Panjang	6
Gambar 2.2	Pemuaian Luas	7
Gambar 2.3	Pemuaian Volume	8
Gambar 2.4	Desain LVDT	9
Gambar 2.5	LVDT Solatrond SM1	10
Gambar 2.6	Prinsip kerja Termokopel Efek Seebeck	11
Gambar 2.7	Efek Peltier	12
Gambar 2.8	Tegangan Efek Peltier	12
Gambar 2.9	Hukum Rangkaian Homogen	12
Gambar 2.10	Hukum Rangkaian Logam Antara	13
Gambar 2.11	Bentuk Termokopel	13
Gambar 2.12	Karakteristik Tipe Termokopel	15
Gambar 3.1	Blok Diagram Alat Ukur Muai Panjang logam	16
Gambar 3.2	Perancangan Mekanik Bagian Luar Yang Menggunakan Heater Nozzel	17
Gambar 3.3	Perancangan Mekanik Bagian Dalam Yang Menggunakan Heater Nozzel	18
Gambar 3.4	Perancangan Mekanik 3 Dimensi Yang Menggunakan Heater Nozzel	19
Gambar 3.5	Mekanik Yang Menggunakan Heater Nozzel	19
Gambar 3.6	Perancangan Mekanik Bagian Luar Yang Menggunakan Heater Infra Red	19
Gambar 3.7	Perancangan Mekanik Bagian Dalam Yang Menggunakan Heater Infra Red	20
Gambar 3.8	Mekanik Bagian Dalam Yang Menggunakan Heater Infra Red	21

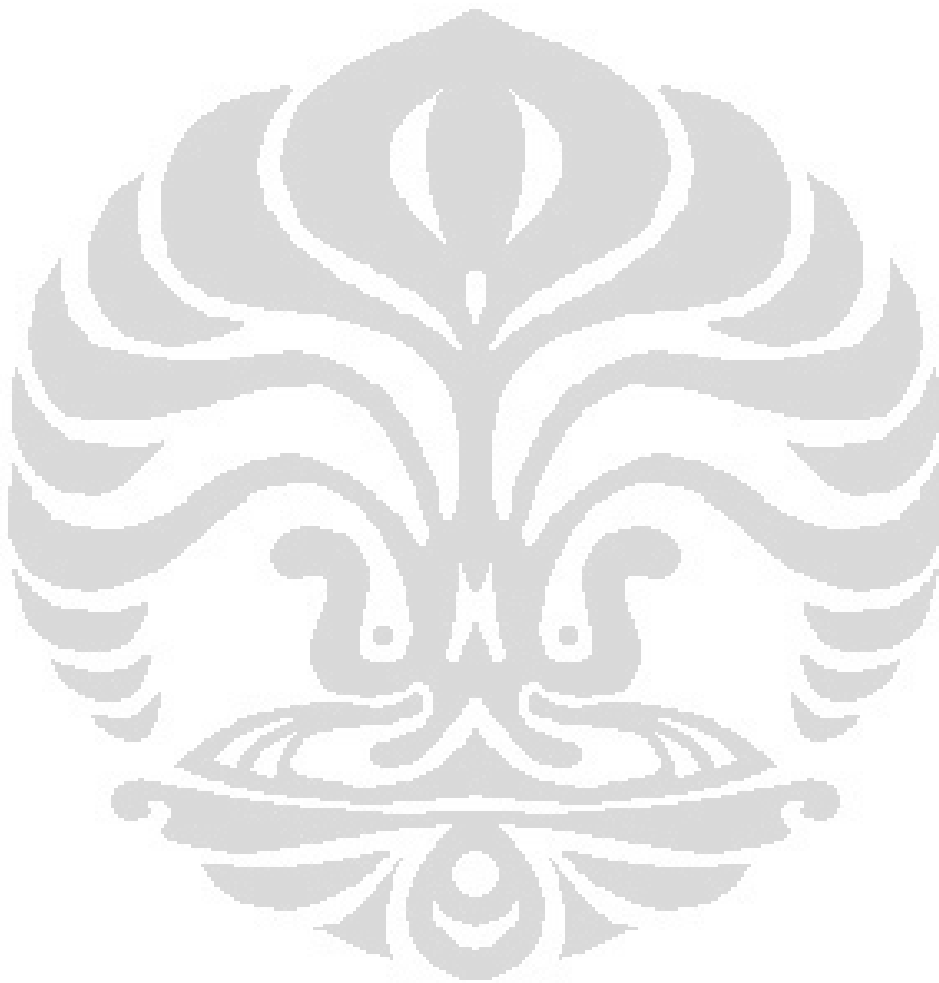
Gambar 3.9	Mekanik Bagian Luar Yang Menggunakan Heater Infra Red	21
Gambar 3.10	Rangkaian Power Suply	22
Gambar 3.11	Rangkaian Penguat Termokopel Cold Junction	23
Gambar 3.12	Rangakaian Pengkondisian Signal LVDT AD589JR ...	24
Gambar 3.13	Blok Diagram Fungsi AD589JR	24
Gambar 3.14	Tegangan Excitation VEKS Terhadap R1	25
Gambar 3.15	Pengontrollan SSR Beban AC Dan DC	26
Gambar 3.16	Rangkaian Minimum Sistem AVR AT Mega 8535	27
Gambar 3.17	Flowchart Program Bascom Mikrokontroler AT Mega 8535	30
Gambar 3.18	Flowchart Program LabVIEW	31
Gambar 3.19	Front Panel Program LabVIEW	32
Gambar 4.1	Kalibrasi Data ADC 5 Rangkaian Penguat Termokopel Saat 55 °C	34
Gambar 4.2	Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 1 Penguat Termokopel	34
Gambar 4.3	Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 2 Penguat Termokopel	35
Gambar 4.4	Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 3 Penguat Termokopel	35
Gambar 4.5	Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 4 Penguat Termokopel	36
Gambar 4.6	Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 5 Penguat Termokopel	36
Gambar 4.7	Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Sensor LVDT	38
Gambar 4.8	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium ...	39
Gambar 4.9	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Kuningan ...	40

Gambar 4.10	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Tembaga	40
Gambar 4.11	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium Pengambilan Data 1.....	41
Gambar 4.12	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium Pengambilan Data 2.....	42
Gambar 4.13	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium Pengambilan Data 3.....	42
Gambar 4.14	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium Pengambilan Data 4.....	43
Gambar 4.15	Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium Pengambilan Data 5.....	44



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien muai panjang beberapa zat padat	6
Tabel 2.2	Data 5 Temperatur Termokopel	37



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada saat ini teknologi semakin berkembang pesat sehingga banyak dibuat alat – alat yang menggunakan sistem elektronis , selain lebih akurat juga lebih efisien. Oleh karena itu untuk mencapai tujuan tersebut maka dikembangkanlah “*Alat Ukur Muai Panjang Logam* “.

1.1 Latar Belakang

Mengetahui sifat mekanik logam jika mengalami pemanasan atau pendinginan sangat penting dalam membuat konstruksi penyambungan besi jembatan, sambungan rel kereta api, dan lainnya, hal ini dapat menjaga hal-hal yang tidak diinginkan seperti pemanasan yang membuat sambungan besi jembatan dan rel kereta api memuai yang dapat mengakibatkan terjadi pelengkungan pada sambungan atau pendinginan yang mengakibatkan penyusutan pada sambungan besi jembatan dan rel kereta api sehingga ada rongga, dengan begitu kecelakaan akibat salah konstruksi dapat dihindari.

Untuk itu diperlukan alat pengukuran sifat material logam jika mengalami perubahan panas, dalam hal ini pemuaian panjang logam, agar kita dapat memperhitungkan konstruksi bangunan, salah satu contohnya dalam konstruksi penyambungan besi jembatan dan rel kereta api.

Alat ukur muai panjang logam yang masih banyak digunakan di laboratorium masih menggunakan peralatan dan metode manual yang tidak efisien dan akurat. Eksperimen dapat dilakukan lebih efisien dan akurat bila dilengkapi dengan sistem elektronis.

Maka itu dibuat “*Alat Ukur Muai Panjang Logam*” alat ini berbasis mikrokontroler ATMega 8535 dengan sensor lvdt sebagai pendeteksi perubahan panjang muai dan PC melalui program LabVIEW sebagai control, proses, dan displaynya. Mikrokontroler ATMega 8535 dipilih selain harganya murah juga banyak dipasaran dan sensor lvd dipilih karena dapat membaca hingga jarak mikrometer dan memiliki resolusi yang tinggi. Alat ini dapat menyimpan data

perubahan temperatur, perubahan panjang logam, dan dengan panjang awal logam maka didapatkan koefisien muai logam, sehingga dengan begitu dapat mempermudah kita dalam mendapatkan data.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat alat ukur muai panjang logam sehingga dapat mengetahui sifat logam apabila mengalami pemanasan.

1.3 Deskripsi Singkat

Cara kerja dari alat ukur muai panjang logam ini yaitu, logam dipanaskan dengan menggunakan heater, karena mengalami pemanasan, logam akan memuai, pertambahan panjang itu akan dibaca oleh sensor lvdt yang kemudian akan dibaca oleh mikrokontroler untuk diproses dan ditampilkan ke PC melalui program LabVIEW, dimana dari perubahan panjang logam, perubahan temperatur dan panjang awal logam, akan didapatkan koefisien muai logam dan untuk mengetahui pemanasannya merata atau tidaknya maka dilakukan pengukuran temperatur di 4 titik yang berlainan dengan jarak spasi yang sama untuk mekanik heater nozzle dan 5 titik untuk mekanik heater infra red.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan serta tidak menyimpang dari permasalahan yang akan ditinjau, maka batasan masalah pada tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Rancang bangun alat ukur yang terdiri dari mekanik yang menggunakan heater nozzle dan mekanik heater infra red.
2. Peralatan penunjang akuisisi data (baik piranti elektronika dan lunak / software).
3. Penelitian ini dilakukan pada 3 jenis logam, yaitu kuningan, alumunium, dan tembaga dengan panjang 30 cm pada mekanik heater nozzel dan logam almunium dengan panjang 7.4 cm pada mekanik heater infra red.
4. Penelitian ini dilakukan sampai temperatur 150°C.

1.5 Metode Penelitian

Metode yang dilakukan dalam pembuatan dan penganalisaan alat ini yaitu *studi literatur*, perancangan sistem, pembuatan sistem, pengujian sistem, pengambilan data, dan analisa data.

1.5.1 Studi Literatur

Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan penelitian yang penulis buat. *Studi literatur* ini mengacu pada buku-buku acuan, *datasheet* dari berbagai macam komponen yang digunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah terkait yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

1.5.2 Perancangan Sistem

Membahas tentang desain dan cara kerja alat, perencanaan mekanik, sistem piranti elektronika dan lunak.

1.5.3 Pembuatan Sistem

Pembuatan sistem dilakukan sesuai dengan perancangan sistem yang telah di rancang. Pembuatan sistem dilakukan secara bertahap, mulai dari pembuatan mekanik, kemudian pembuatan piranti elektronik lalu perangkat lunak.

1.5.4 Pengujian Sistem

Dari alat yang dibuat maka dilakukan pengujian terhadap masing-masing bagian dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya agar sesuai dengan apa yang diharapkan dan dapat melakukan pengambilan data.

1.5.5 Pengambilan Data

Pada bab ini akan diuraikan tentang kinerja dari masing-masing blok data yang diambil dengan harapan dalam pengujian tidak terdapat kesalahan yang fatal.

1.5.6 Analisa Data

Dari hasil pengujian dan pengambilan data kemudian dilakukan suatu analisa sehingga dapat diambil suatu kesimpulan. Dengan adanya beberapa saran juga dapat kita ajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas sistem instrumentasi ini terdiri dari bab – bab yang memuat beberapa sub – bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka laporan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu:

BAB 1 Pendahuluan

Pendahuluan berisi latar belakang, tujuan penelitian, deskripsi singkat, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan dari laporan tugas akhir ini.

BAB 2 Teori Dasar

Teori dasar berisi landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan dan pembuatan alat (*hardware*).

BAB 3 Perancangan dan Cara Kerja Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari semua perangkat yang dibuat.

BAB 4 Hasil Eksperimen Dan Analisis Data

Pada bab ini berisi tentang kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan mengkalibrasi setiap fungsi yang terdapat pada alat untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Setelah sistem berfungsi dengan baik maka dilanjutkan dengan pengambilan data untuk memastikan kapabilitas dari sistem yang dibangun.

BAB 5 Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan dan saran berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran dan kritik guna pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.

BAB 2 TEORI DASAR

Pada bab ini akan dijelaskan beberapa landasan teori yang berhubungan dengan perancangan dan pembuatan alat.

2.1 Teori Pemuaian

Perubahan temperatur mempengaruhi gerak partikel suatu benda. Benda yang bersuhu tinggi gerak partikelnya lebih cepat dari pada benda yang suhunya lebih rendah. Gerak partikel yang lebih cepat membutuhkan ruang gerak yang lebih luas, maka pada umumnya benda memuai pada saat dipanaskan (pemuaian, 2012)

2.1.1 Muai Panjang Zat Padat

Bila temperatur sebuah benda naik, maka benda biasanya memuai. Sebuah batang yang panjangnya L pada temperature T bila temperatur berubah dengan ΔT , perubahan panjang ΔL sebanding dengan ΔT dan panjang mula-mula L_1 (tipler, 1998):

(2.1)

dengan α dinamakan koefisien muai linear. Besaran ini adalah rasio fraksi perubahan panjang terhadap perubahan temperatur (tipler, 1998):

(2.2)

Satuan α adalah kebalikan derajat Celcius ($1/^\circ\text{C}$) atau kebalikan Kelvin ($1/\text{K}$). koefisien muai linear untuk padatan dan cairan biasanya tidak banyak berubah dengan tekanan, tetapi dapat berubah dengan temperatur (tipler, 1998):

Tabel 2.1 Koefisien muai panjang beberapa zat padat (pemuaiian, 2012)

Nama Zat	Koefesien Muai Panjang
Almunium	$2.54 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Tembaga	$1.7 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Perunggu	$1.8 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Besi	$1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Baja	$1.1 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Perak	$2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Kaca	$0.9 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Timbal	$2.9 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Kuningan	$1.9 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$
Platina	$0.89 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$



Gambar 2.1 Pemuain Panjang(pemuaiian, 2012)

Koefesien muai linear pada suatu temperatur tertentu T didapat dengan mengambil limit ΔT mendekati nol(tipler,1998):

$$(2.3)$$

Bila L_2 adalah panjang zat padat setelah dipanaskan maka panjang zat padat setelah dipanaskan dapat diperhitungkan sebagai berikut(pemuaiian, 2012) :

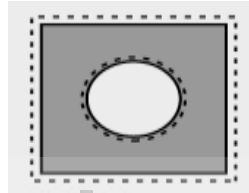
$$(2.4)$$

Sehingga juga dapat ditulis :

$$\text{atau} \quad (2.5)$$

2.1.2 Muai Luas Zat Padat

Benda padat yang berbentuk luasan dengan ukuran ketebalan bila dipanaskan, akan mengalami pemuaian luas(pemuaian, 2012):



Gambar 2.2 Pemuaian Luas(pemuaian, 2012):

Bila ΔA = pertambahan luas zat padat, A_1 = Luas awal zat padat sebelum dipanaskan, β = koefisien muai luas zat padat, dan ΔT = Perubahan temperatur zat padat, maka pertambahan luas zat padat yang dipanaskan dapat diperhitungkan sebagai berikut(pemuaian, 2012):

(2.6)

$\beta = 2\alpha$, maka persamaan di atas juga dapat ditulis :

(2.7)

α adalah = koefisien muai panjang zat padat

Bila A_2 adalah luas zat padat setelah dipanaskan maka luas zat padat setelah dipanaskan dapat diperhitungkan sebagai berikut(pemuaian, 2012):

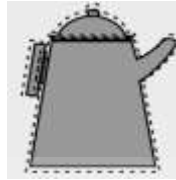
(2.8)

sehingga juga dapat ditulis :

atau (2.9)

2.1.3 Muai Volume Zat Padat

Benda padat yang berbentuk ruang bila dipanaskan akan mengalami pemuaian volume(pemuaian, 2012):



Gambar 2.3 Pemuaian Volume(pemuaian, 2012):

Bila ΔV = pertambahan volume zat padat, V_0 = volume awal zat padat sebelum dipanaskan, γ = koefisien muai ruang/volume zat padat, dan ΔT = Perubahan temperatur zat padat, maka pertambahan volume zat padat yang dipanaskan dapat diperhitungkan sebagai berikut(pemuaian, 2012):

(2.10)

$\gamma = 3 \alpha$, maka persamaan di atas juga dapat ditulis :

(2.11)

Bila V_2 adalah volume zat padat setelah dipanaskan maka volume zat padat setelah dipanaskan dapat diperhitungkan sebagai berikut (pemuaian, 2012):

(2.12)

sehingga juga dapat ditulis :

atau (2.13)

2.2 Sensor

Sensor adalah suatu *device* yang mengkonversi suatu parameter fisis menjadi besaran listrik, terjadi akibat reaksi suatu rangsangan. Rangsangan itu

dapat berupa besaran: mekanik, panas, magnetik, listrik, optik, kimiawi, dll (Wijaya, n.d.).

2.2.1 LVDT

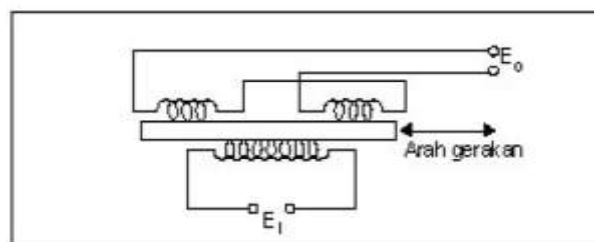
Sensor Linear Variable Differential Transformers (LVDT) adalah suatu sensor yang bekerja berdasarkan prinsip trafo diferensial dengan gandengan variabel antara gandengan variable antara kumparan primer dan kumparan sekunder (agus, 2010).

Prinsip kerjanya adalah tiga buah kumparan, 1 kumparan primer dan 2 kumparan sekunder yang disusun secara linier dengan inti magnet yang dapat digerakkan dengan bebas didalam kumparan itu. Ketika Kumparan primer diberi tegangan AC dan Inti berada ditengah-tengah, amplitude tegangan yang diinduksikan ke kumparan sekunder 1 sama dengan amplitude tegangan yang diinduksikan di kumparan sekunder 2. Kedua kumparan tersebut dihubungkan seri berlawanan sehingga keluaran tegangan pada titik tersebut 0. Bila inti bergerak atau bergeser dari pusat induktansi, primer dengan satu sekunder akan lebih besar daripada yang lain dan perbedaan tegangan terlihat diantara kedua sekunder yang diseri (Samadikun, dkk, 1988).

untuk simpangan kecil pada induksi lvdt berlaku hubungan (Samadikun, dkk, 1988):

$$\frac{\Delta E_0}{E_0} = \frac{\Delta L}{L} \frac{\Delta x}{x} \quad (2.14)$$

dengan ΔL = perubahan induktansi, L = induktansi, Δx = perubahan posisi jangkar/inti.



Gambar 2.4 Desain LVDT (Samadikun, dkk, 1988)



Gambar 2.5 LVDT Solatrend SM1(solatrend, 2012)

Keuntungan dari LVDT(Wijaya, n.d.):

- Beroperasi tanpa gesekan
Untuk kondisi normal, tak ada kontak mekanik antara inti LVDT dengan gulungan kawat dan juga tempatnya.
- Resolusinya tak hingga
Karena strukturnya bebas friksi, maka LVDT dapat mengukur sampai perubahan posisi yang sangat kecil. Sifat ini dibatasi oleh pengkodisi sinyal dan peraga outputnya
- Tahan lama
Karena tak ada kontak antara inti dan kerangkanya, maka tidak ada bagian yang membuat aus.

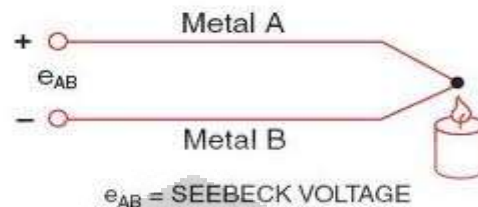
2.2.2 Termokopel

Pada tahun 1822, Seebeck melakukan percobaan dengan menghubungkan plat bismut diantara kawat-kawat tembaga. Hubungan tersebut diberi suhu yang berbeda. Ternyata pada rangkaian tersebut akan muncul arus listrik. Munculnya arus listrik mengindikasikan adanya beda potensial antara ujung-ujung kedua sambungan(Americana, dkk, 2011).

Dari percobaan Seebeck tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa adanya perbedaan suhu antara kedua sambungan logam tersebut akan menyebabkan munculnya gaya gerak listrik antara ujung-ujung sambungan. Gaya gerak listrik yang muncul ini disebut dengan gaya listrik termo dan sumbernya disebut termokopel(Americana, dkk, 2011).

Termokopel merupakan sambungan (*junction*) dua jenis logam atau campuran yang salah satu sambungan logam tadi diberi perlakuan suhu yang berbeda dengan sambungan lainnya. Sambungan logam pada termokopel terdiri dari dua sambungan, yaitu(Americana, dkk, 2011):

- *Reference junction (cold junction)*, merupakan sambungan acuan yang suhunya dijaga konstan dan biasanya diberi suhu yang dingin.
- *Measuring junction (hot junction)*, merupakan sambungan yang dipakai untuk mengukur suhu.



Gambar 2.6 Prinsip kerja Termokopel Efek Seebeck(Americana, dkk, 2011).

Dari gambar prinsip kerja termokopel efek Seebeck diatas maka persamaannya adalah sebagai berikut(omega, n.d.)

(2.15)

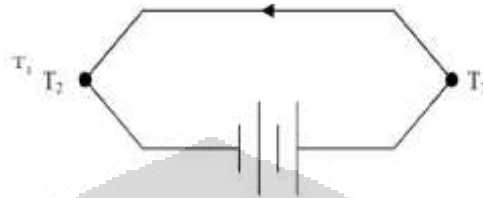
dimana adalah perbedaan Tegangan Seebeck , α adalah konstanta Seebeck dan ΔT adalah perbedaan temperatur titik A dengan B.

Termokouple akan menyebabkan arus listrik mengalir pada rangkaian yang terpasang ketika terjadi perubahan suhu pada subyek yang diukur. Besarnya arus yang akan dihasilkan bergantung pada perbedaan suhu; karakteristik kedua metal yang digunakan dan karakteristik dari rangkaian yang terpasang. Panas yang terjadi pada *hot junction* akan menghasilkan tegangan yang lebih besar daripada yang mengalir di *cold junction*. Perbedaan tegangan yang terjadi akan dipengaruhi oleh suhu secara *proporsional*(Americana, dkk, 2011).

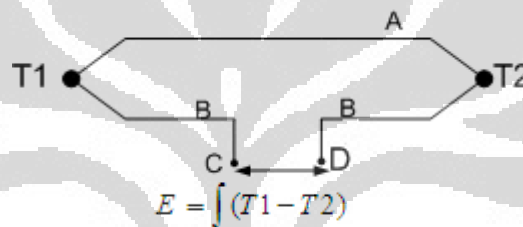
Efek Peltier menyebutkan bahwa jika suatu arus searah dialirkan pada suatu rangkaian yang terdiri dari material berbeda, salah satu simpangan logam yang tidak sama tersebut akan dipanaskan dan lainnya akan didinginkan. Ini adalah kebalikan dari efek Seebeck dan juga dapat balik, yaitu jika aliran arus berlawanan maka material yang tadinya dipanaskan akan didinginkan dan yang tadinya didinginkan akan berbalik dipanaskan(Koestoer, 2004).

Apabila arus listrik mengalir dari suatu penghantar ke penghantar lain melewati suatu sambungan, sejumlah energi dibawa oleh pembawa muatan ke

sambungan (junction) dari material p dengan laju Q_p , dan energi ini dibawa dari sambungan ke material n dengan laju Q_n . Karena tingkat energi dari pembawa muatan adalah berbeda untuk kedua material maka Q_p akan lebih besar atau lebih dari Q_n (Koestoer, 2004).



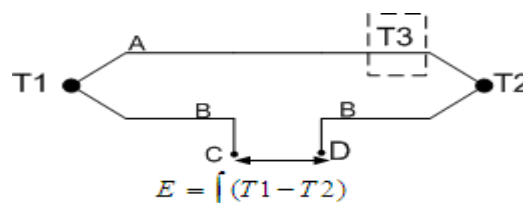
Gambar 2.7 Efek Peltier (Koestoer, 2004).



Gambar 2.8 Tegangan Efek Peltier (Wijaya, n.d.)

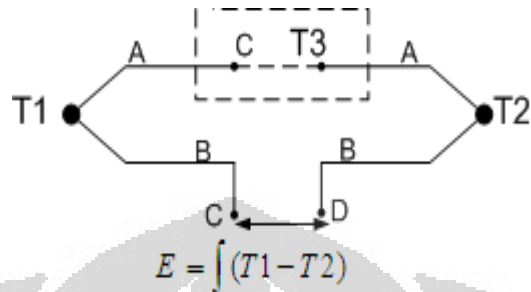
Efek Thomson menyatakan bahwa terdapat penyerapan atau pelepasan panas bolak-balik dalam penghantar homogen yang terkena perbedaan panas dan perbedaan listrik secara simultan. Didapat bahwa gradien potensial hasil dari perbedaan temperatur adalah positif searah dengan gradien temperatur. Jika arus mengalir dalam kawat tembaga dengan gradien temperatur, panas dibebaskan pada setiap titik dimana arus mengalir menurut arah aliran panas, sedangkan panas diserap pada titik yang berlawanan arah (Koestoer, 2004).

Pada hukum homogen, kawat yang homogen tidak akan timbul tegangan walaupun ada perbedaan temperatur pada bagian-bagian logam tersebut (Koestoer, 2004).



Gambar 2.9 Hukum Rangkaian Homogen (Wijaya, n.d.)

Hukum logam antara ,Jika temperatur dari sambungan sama, maka tegangan yang dihasilkan adalah sama dengan apabila titik A dan B disatukan(Koestoer, 2004).



Gambar2.10 Hukum Rangkaian Logam Antara(Wijaya, n.d.)



Gambar 2.11 Bentuk Termokopel(Americana, dkk, 2011)

Type-Type Termokopel(Americana, dkk, 2011)

Tersedia beberapa jenis termokopel, tergantung aplikasi penggunaannya

- Tipe K (*Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy)*)
Termokopel untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- Tipe E (*Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)*)
Tipe E memiliki output yang besar ($68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.
- Tipe J (*Iron / Constantan*)

Rentangannya terbatas (-40 hingga $+750$ °C) membuatnya kurang populer dibanding tipe K Tipe J memiliki *sensitivitas* sekitar $\sim 52 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$

- Tipe N (*Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)*)

Stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas 1200 °C. *Sensitifitasnya* sekitar $39 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ pada 900 °C, sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K

Termokopel tipe B, R, dan S adalah termokopel logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah termokopel yang paling stabil, tetapi karena *sensitifitasnya* rendah (sekitar $10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi (>300 °C).

- Type B (*Platinum-Rhodium/Pt-Rh*)

Cocok mengukur suhu di atas 1800 °C. Tipe B memberi output yang sama pada suhu 0 °C hingga 42 °C sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu 50 °C.

- Type R (*Platinum /Platinum with 7% Rhodium*)

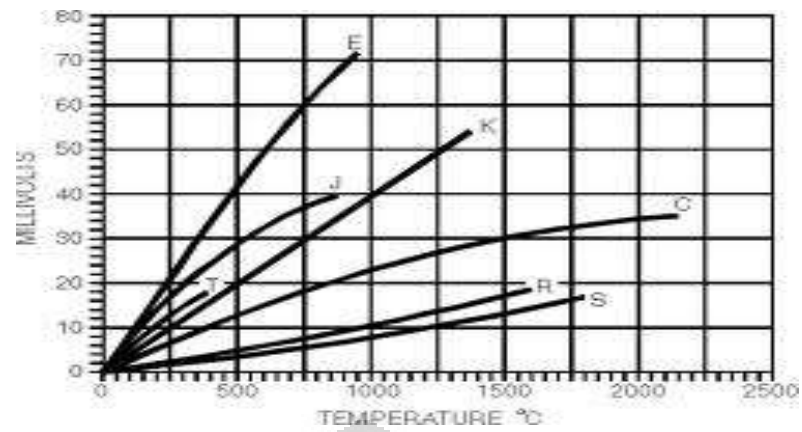
Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. *sensitivitas* rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.

- Type S (*Platinum /Platinum with 10% Rhodium*)

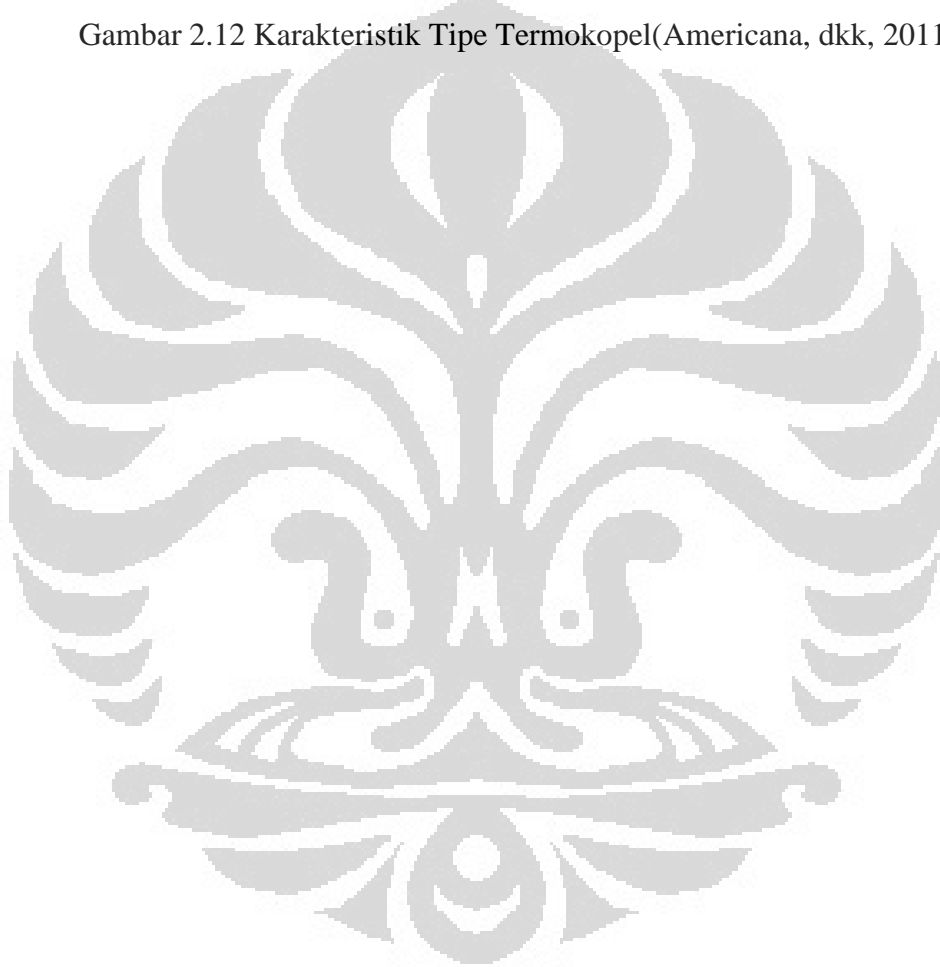
Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. *sensitivitas* rendah ($10 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C).

- Type T (*Copper / Constantan*)

Cocok untuk pengukuran antara -200 to 350 °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitifitas $\sim 43 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$



Gambar 2.12 Karakteristik Tipe Termokopel(Americana, dkk, 2011)

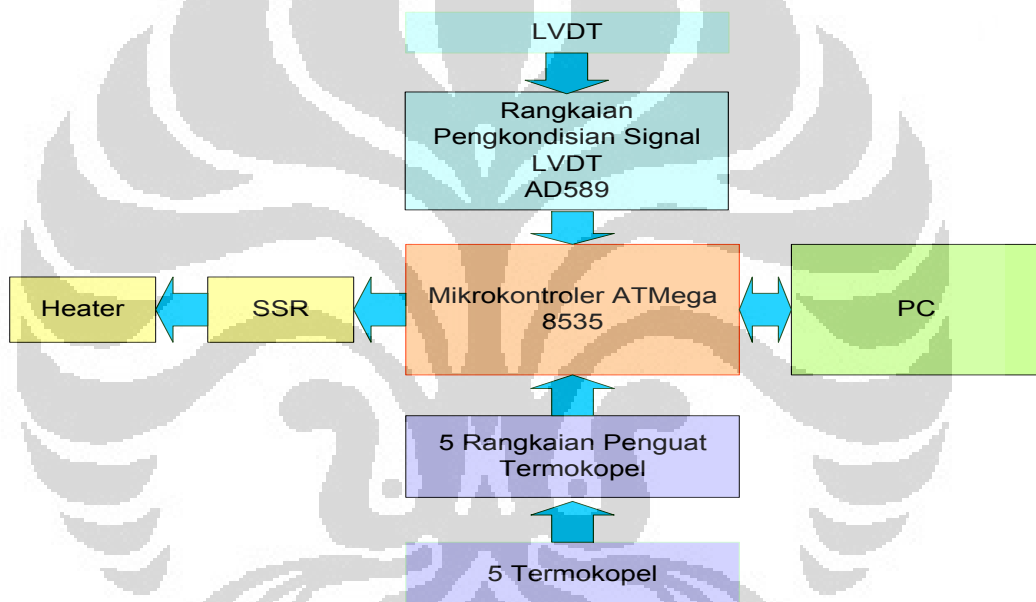


BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem “Alat Ukur Muai Panjang Logam” yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak beserta cara kerjanya.

3.1 Perancangan Sistem



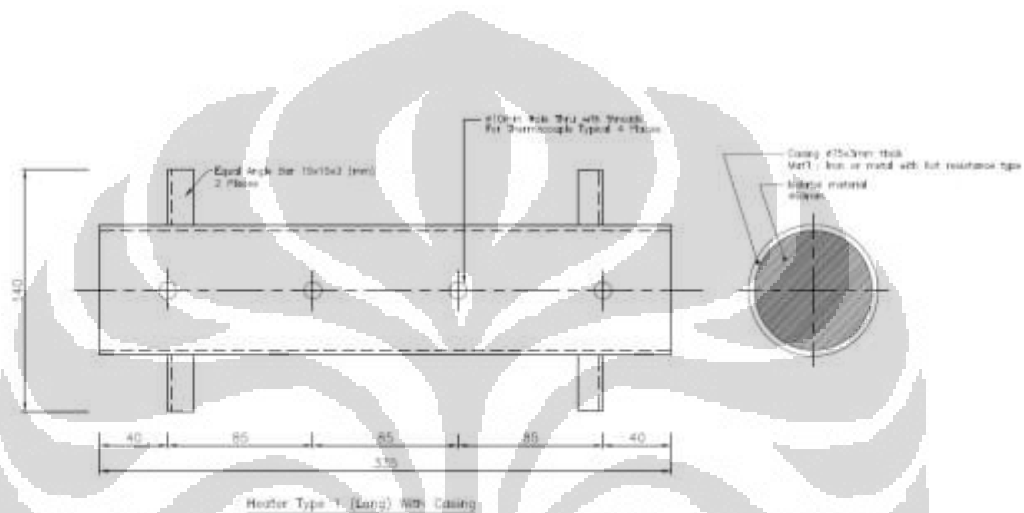
Gambar 3.1 Blok Diagram Alat Ukur Muai Panjang logam

Prinsip kerja sistem alat ukur muai panjang logam ini adalah mikrokontroler ATmega 8535 akan mendapat perintah dari LabVIEW untuk on/off heater melalui SSR sebagai switchnya, kemudian mikrokontroler akan membaca data ADC dari 5 termokopel yang telah mengalami penguatan dan sensor lvdt yang telah dikondisikan sinyalnya, kemudian mikrokontroler akan mengirim data ADC itu ke LabVIEW, di LabVIEW data tersebut akan diproses agar dapat menampilkan temperatur termokopel 1 sampai 5, perubahan pemuaiannya, delta T rata-rata, dan koefisien muai logam dengan terlebih dahulu memasukan panjang awal logam.

3.2 Perancangan Mekanik Alat

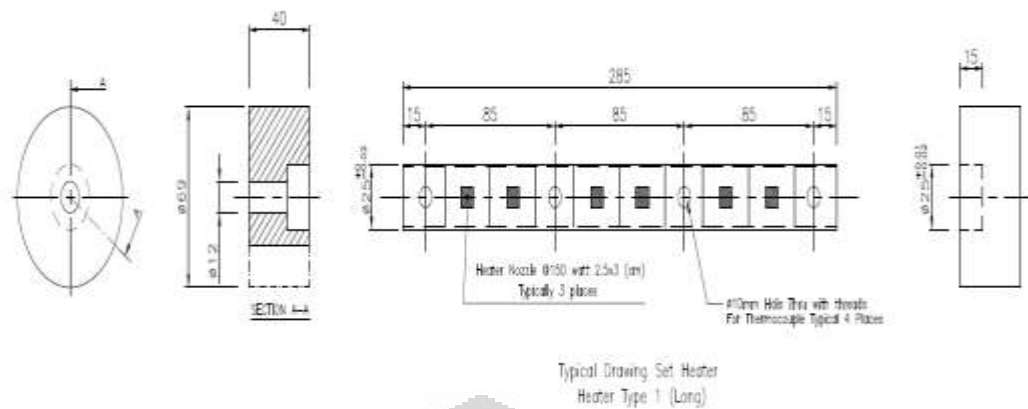
Pada pembuatan alat ini dilakukan 2 pembuatan mekanik alat yang digunakan untuk mengukur sampel, sehingga terdapat 2 data pengukuran.

3.2.1 Perancangan Mekanik Dengan Menggunakan Heater Nozzel



Gambar 3.2 Perancangan Mekanik Bagian Luar Yang Menggunakan Heater Nozzel

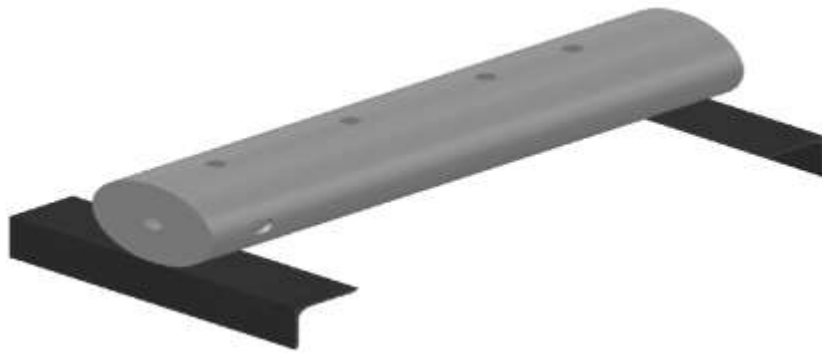
Pada perancangan mekanik diatas digunakan selubung besi dengan ukuran 94 x 335mm dengan diameter lubang 89mm, dimana 4 lubang dengan diameter 10mm digunakan sebagai dudukan 4 termokopel dengan jarak dari ujung ke lubang pertama sampai ke empat dan keujung yang lainnya lagi adalah 40, 85, 85, 85 dan 40mm, selain sebagai dudukan termokopel fungsi mekanik diatas adalah sebagai dudukan selubung besi dalam yang telah diberi 6 heater nozzle, dan untuk membatasi dengan selubung dalam agar panasnya tidak menyebar terlalu besar keselubung besi luar maka diberi penghambat berbahan resin dikedua ujungnya. Dan agar selubung besi lebih stabil dikedua ujungnya diberi kaki yang terbuat dari besi siku.



Gambar 3.3 Perancangan Mekanik Bagian Dalam Yang Menggunakan Heater Nozzel

Pada perancangan mekanik diatas digunakan selubung besi dengan ukuran 285 x 25mm dengan diameter lubang ditengahnya 12mm, dan merupakan selubung besi dalam, dimana 4 lubang dengan diameter 10mm dengan jarak dari ujung ke lubang pertama sampai ke empat dan keujung yang lainnya lagi adalah 15, 85, 85, 85, dan 15mm digunakan untuk 4 termokopel membaca temperatur sampel logam yang akan diukur, disela-sela lubang ditaruh heater nozzle dengan ukuran 30x25mm sebanyak 2 buah dengan daya masing-masing heater adalah 150 watt, 220VAC, sehingga digunakan 6 heater nozzle semuanya, dan diujung pertama menggunakan resin sebagai dudukan ke selubung besi luar dengan ukuran 40 x 89mm dengan diameter lubang diujung pertama sebesar 12mm sepanjang 25 mm yang digunakan sebagai tempat masuk sampel logam dan diameter lubang kedua sebesar 25mm sepanjang 15mm sebagai masuk selubung besi, dan diujung yang kedua selubung besi dalam juga menggunakan resin sehingga digunakan resin sebagai dudukan ke selubung luar dengan ukuran 40 x 89mm dengan diameter lubang sebesar 25mm sepanjang 15mm.

Untuk gambar 3 dimensi mekanik alat ukur muai panjang yang menggunakan heater nozzle sebagai pemanasnya adalah sebagai berikut;

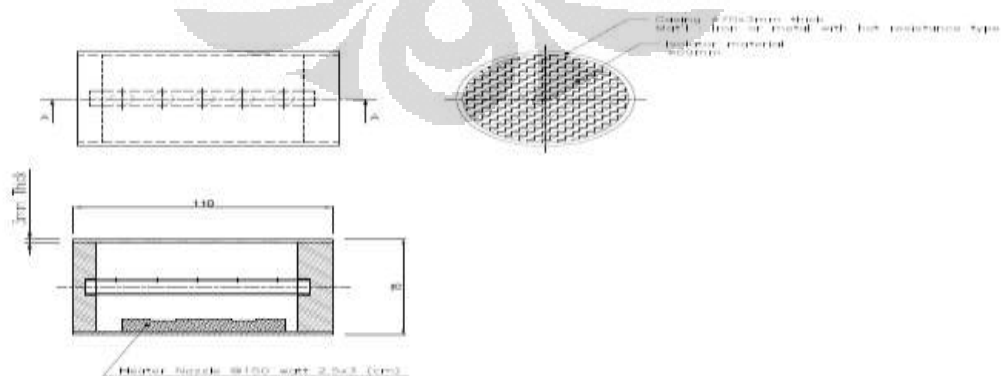


Gambar 3.4 Perancangan Mekanik 3 Dimensi Yang Menggunakan Heater Nozzel



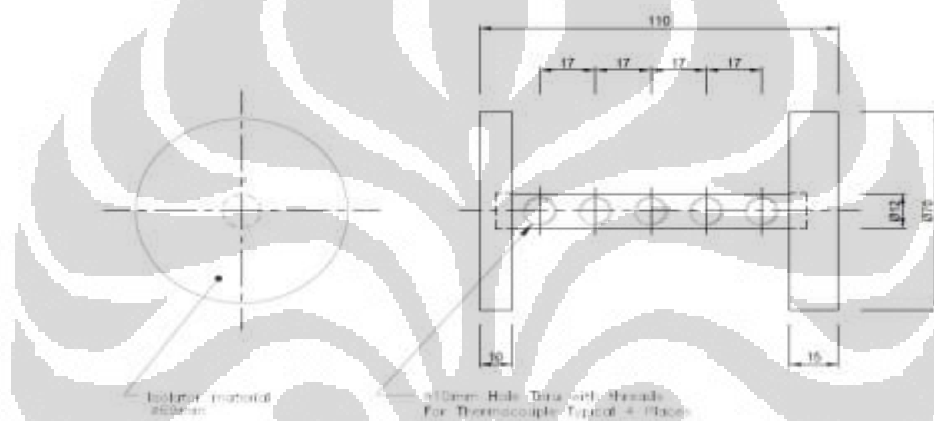
Gambar 3.5 Mekanik Yang Menggunakan Heater Nozzel

3.2.2 Perancangan Mekanik Dengan Menggunakan Heater Infra Red



Gambar 3.6 Perancangan Mekanik Bagian Luar Yang Menggunakan Heater Infra Red

Pada perancangan mekanik diatas ada 2 bagian dimana selubung besi dengan ukuran 110 x 74mm dibagi 2, dimana bagian pertama yang memiliki 5 lubang dengan diameter 10mm dengan jarak dari ujung ke lubang pertama sampai kelima dan keujung yang satunya lagi adalah 12.5, 17, 17, 17, 17, 12.5mm digunakan sebagai dudukan 5 termokopel, kemudian bagian kedua sebagai dudukan heater infra red yang memiliki daya 200 watt, 220 VAC dengan ukuran 50x 35mm dan juga ditaruh besi siku sebagai kakinya, dan untuk menyatukan keduanya dibagian belakang digunakan 2 engsel yang telah dilas dan dibagian depan digunakan 2 mur yang telah dilas dan untuk mengecangkan digunakan baut.



Gambar 3.7 Perancangan Mekanik Bagian Dalam Yang Menggunakan Heater Infra Red

Pada perancangan mekanik bagian dalam ini terdiri dari selubung besi dengan ukuran 95x20mm dengan diameter lubang 12mm, dimana terdapat 5 lubang yang digunakan untuk termokopel mengukur temperatur sampel dengan jarak dari ujung ke lubang pertama sampai ke lima dan ke ujung yang satunya lagi adalah 7.5, 17, 17, 17, 17, 7.5mm dan dikedua ujung terdapat resin sebagai dudukan ke selubung besi luar dimana resin diujung pertama memiliki ukuran 10 x 70mm dengan diameter lubang pertama sebesar 12mm sepanjang 2.5mm dan diameter lubang kedua sebesar 20mm sepanjang 7.5 mm dan untuk resin diujung yang kedua memiliki ukuran 15 x 10 mm dengan diameter lubang sebesar 20mm sepanjang 7.5mm.



Gambar 3.8 Mekanik Bagian Dalam Yang Menggunakan Heater Infra Red

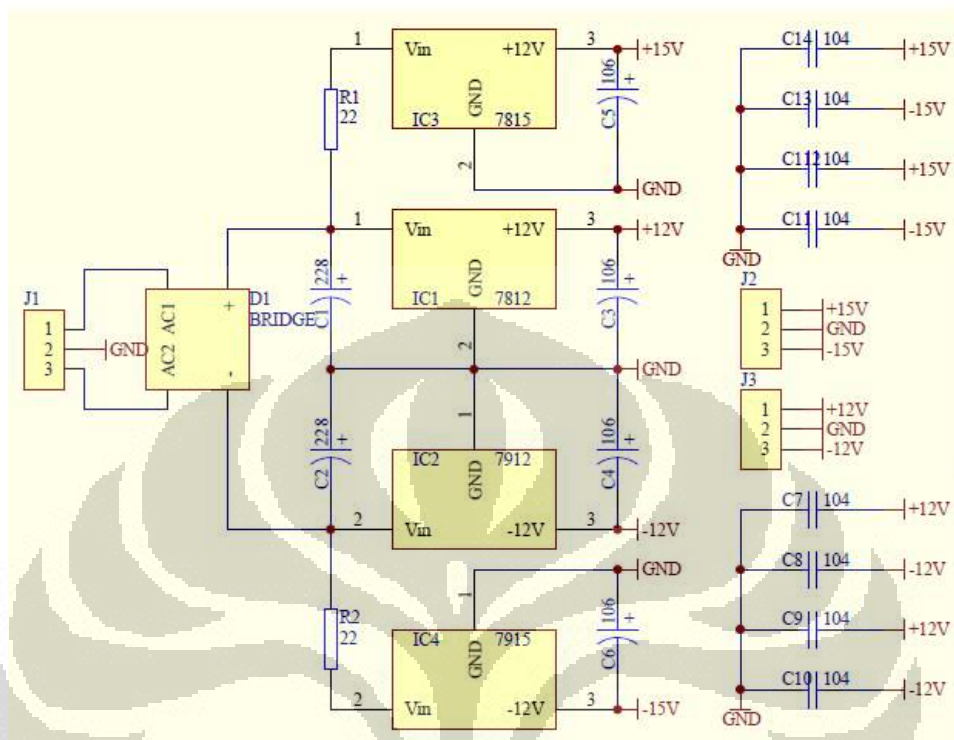


Gambar 3.9 Mekanik Bagian Luar Yang Menggunakan Heater Infra Red

3.3 Perancangan Hardware Rangkaian

Perancangan perangkat keras ini meliputi rangkaian yang digunakan dalam pembuatan alat ini.

3.3.1 Rangkaian Power Supply

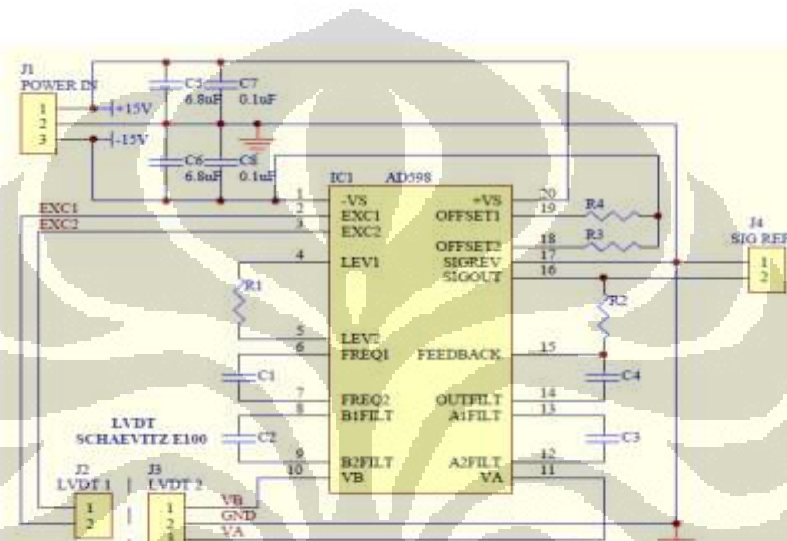


Gambar 3.10 Rangkaian Power Supply

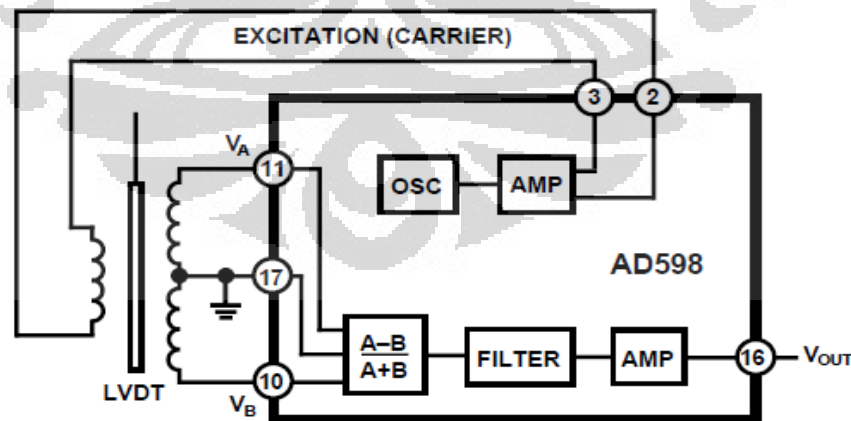
Pada rangkaian power supply ini dioda bridge digunakan sebagai penyearah tegangan dari input dari tegangan AC trafo menjadi tegangan DC, untuk keluaran tegangannya menjadi stabil maka digunakan kapasitor sebagai filternya, dan untuk menghasilkan tegangan +12VDC maka digunakan IC regulator 7812, untuk menghasilkan -12VDC maka digunakan IC regulator 7912, sedangkan untuk menghasilkan tegangan +15VDC maka digunakan IC regulator 7815, dan untuk menghasilkan tegangan -15 VDC maka digunakan 7915. Power +12VDC dan -12VDC digunakan sebagai power supply rangkaian penguat termokopel sedangkan power +15 VDC dan -15VDC digunakan sebagai power supply rangkaian pengkonsian signal LVDT AD589.

keluaran saat nilai inputannya nol. Tegangan ini digunakan untuk menentukan suhu terendah yang bisa dibaca alat ukur ini. sedangkan V_{R6} berfungsi sebagai *Gain Adjustment*, berfungsi untuk mengatur besar penguatan. Untuk rangkaian penguat termokopel lainnya sama perhitungannya seperti diatas, karena rangkaiannya dihubungkan secara paralel dengan rangkaian *inverting* LM35.

3.3.3 Rangkaian Pengkondisian Signal LVDT AD 589JR



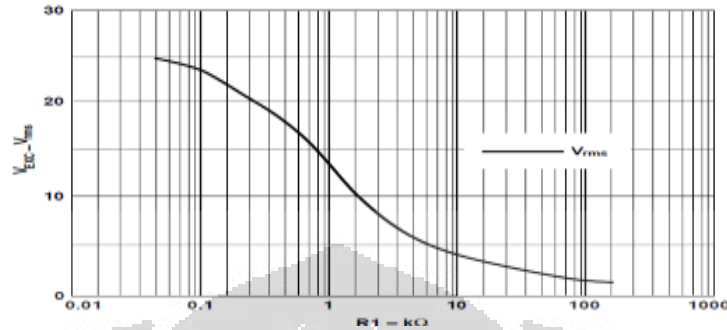
Gambar 3.12 Rangkaian Pengkondisian Signal LVDT AD589JR



Gambar 3.13 Blok Diagram Fungsi AD589JR

Pada rangkaian pengkondisian signal lvdt ini terdapat *oscillator*, *amplifier* dan *filter* dimana tegangan input power supply $\pm 15\text{VDC}$ dirubah ke tegangan 3.6

VAC untuk tegangan input *Excitation* lvd melalui nilai resistor R1 dengan nilai 11K, dimana grafik hubungan tegangan *Excitation* terhadap R1 adalah sebagai berikut;



Gambar 3.14 Tegangan *Excitation* VEKS Terhadap R1

untuk frekwensi *Excitation* didapatkan dari nilai C1 dengan nilai 75nF, dalam hal ini digunakan frekwensi 4,12KHZ sebagai frekwensi *Excitation*, dimana persamaannya untuk mendapatkan nilai itu adalah sebagai berikut;

$$C1 = 35 \text{ mF Hz}/f_{Excitation} \quad (3.3)$$

dan untuk nilai C2 sampai C4 nilainya 200 nF yang digunakan untuk bandwidth, dalam hal ini bandwidth yang digunakan 5KHz dengan persamaannya sebagai berikut;

$$C2 = C3 = C4 = 10^{-4} \text{ Farad Hz}/f_{Subsystem} \text{ (Hz)} \quad (3.4)$$

sedangkan R2 digunakan untuk menset tegangan Vout maksimum, persamaannya sebagai berikut

$$\text{-----} \quad (3.5)$$

Keterangan;

R₂= Nilai hambatan (Ω)

V_A= Keluaran tegangan diposisi kumparan sekunder A

V_B= Keluaran tegangan diposisi kumparan sekunder B

S= sensitifitas

V_{PRI} = Tegangan Eksitensi

d= jangkauan maksimum batang besi(mm)

$R_2=22,22K$

3.3.5 SSR

SSR adalah *solid state relay* yang merupakan sebuah saklar elektrik.tidak seperti saklar elektromekanik, SSR tidak memiliki bagian yang bergerak. Ada beberapa tipe SSR yaitu *photo coupled SSR*, *transformer coupled SSR* dan *hybrid SSR*. *Photo coupled SSR* dikendalikan oleh sinyal tegangan *low*.

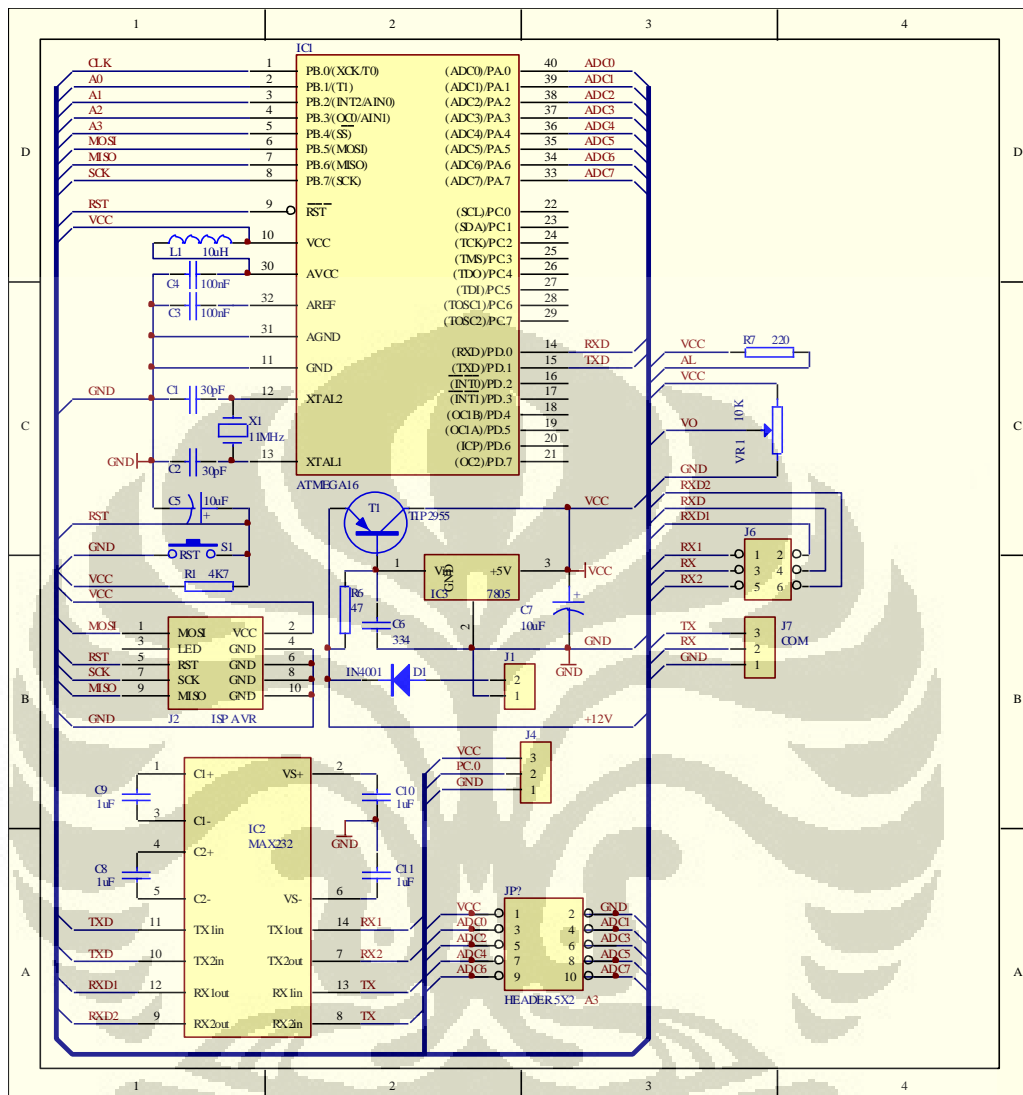
SSR dapat digunakan untuk mengontrol beban ac atau dc. Jika relay dirancang mengontrol beban ac, digunakan triac untuk menghubungkan beban dengan tegangan AC. Sedangkan jika untuk mengontrol beban dc mempunyai transistor daya dibandingkan dengan triac yang dihubungkan pada rangkaian beban. Apabila tegangan input hidup led detektor foto yang dihubungkan pada basis transisitor menghidupkan transistor dan menghubungkan benda dengan tegangan AC.



Gambar 3.15 Pengontrollan SSR Beban AC Dan DC

Pada alat ini SSR yang digunakan adalah input control berupa tegangan DC 3-32V dengan keluaran AC, tegangan input yang digunakan pada SSR adalah dari mikrokontroler port C.0 mengakibatkan LED menyinari photo-sensitive dioda. Hal ini akan menghasilkan tegangan diantara *triac* dengan *gate* dan mengakibatkan *triac* daalam kondisi on, dimana akan menswitchkan tegangan 220 VAC ke heater, sehingga heater On.

3.3.6 Rangkaian Minimum Sistem AVR AT Mega 8535



Gambar 3.16 Rangkaian Minimum Sistem AVR AT Mega 8535

Mikrokontroler merupakan keseluruhan sistem komputer yang dikemas menjadi sebuah *chip* di mana di dalamnya sudah terdapat Mikroprosesor, I/O, Memori bahkan ADC, berbeda dengan Mikroprosesor yang berfungsi sebagai pemroses data. Mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus *clock* atau dikenal dengan teknologi RISC (*Reduced Instruction Set Computing*). Secara umum, AVR dapat dikelompokkan ke dalam 4 kelas, yaitu keluarga AT90Sxx, keluarga ATMega dan

AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing adalah kapasitas memori, *peripheral* dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

Pada rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 dipakai frekuensi osilator (XTAL) sebesar 8.000.000 Hz. Selain itu pada rangkaian ini disuplai oleh IC regulator 7805 sehingga tegangan catu yang dihasilkan stabil. Untuk mengatur jalannya data yang dikirim atau diterima oleh komputer ke mikrokontroler atau sebaliknya dari mikrokontroler ke computer dengan sempurna diperlukan perangkat lunak. Sehingga pada rangkaian dibawah juga terdapat rangkaian pengubah tegangan IC MAX232. Rangkaian ini berfungsi untuk mengubah level keluaran tegangan yang keluar dari komputer yaitu level RS232 menjadi level tegangan TTL. Dimana tegangan pada level RS232 menjadi level logika "1" didefinisikan - 3V sampai -15V dan logika "0" didefinisikan +3V sampai +15V. Pada level TTL yang didefinisikan untuk kondisi "0" tegangannya 0 Volt sampai 0,4 Volt dan untuk kondisi "1" tegangannya 2,4 V sampai 5 V. Dalam perancangan ini untuk mengubah level tegangan tersebut digunakan IC MAX232 dengan tegangan catunya sebesar 5 volt. Dengan perangkat tersebut diharapkan dapat digunakan untuk mengirimkan atau menerima data dari komputer ke mikrokontroler atau dari mikrokontroler ke komputer dengan sempurna. Pada rangkaian di atas port - port yang dihubungkan dengan rangkaian downloader adalah port B.5 adalah SCK, port B.4 adalah MISO, port B.3 adalah MOSI.

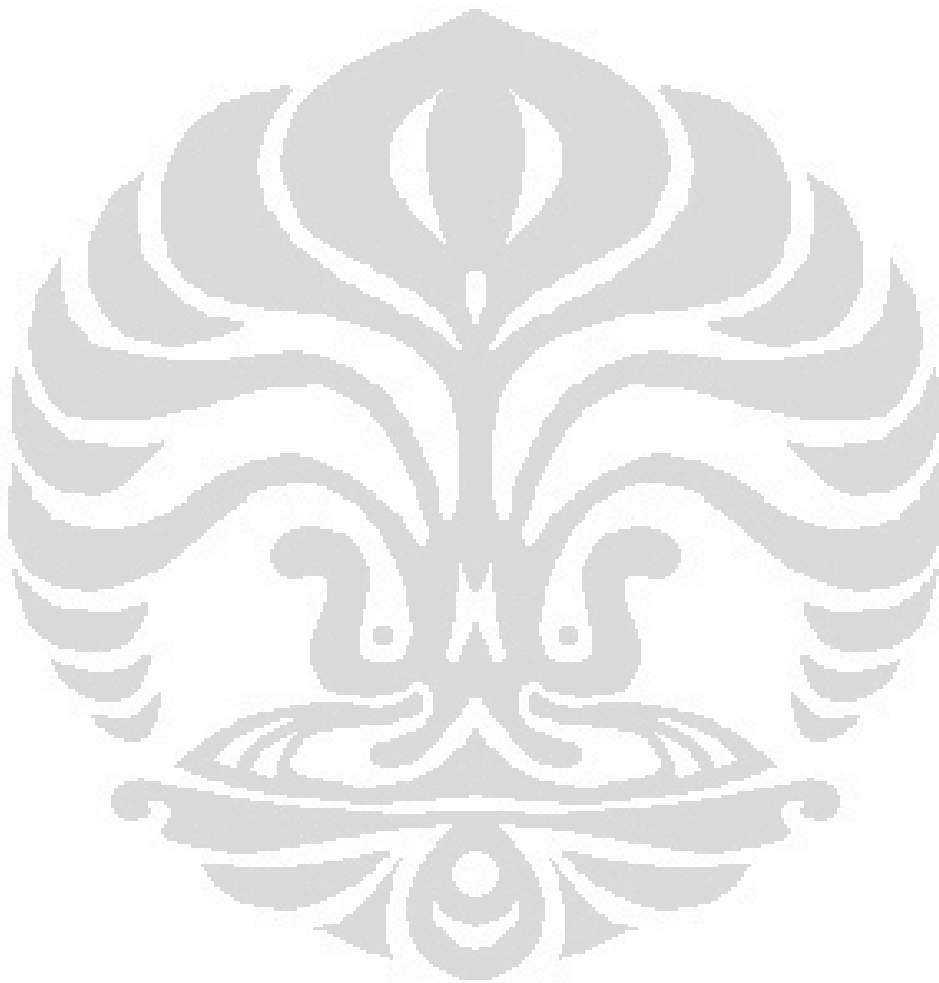
Pada rangkaian ini I/O yang digunakan adalah port A0-A5 digunakan sebagai input ADC untuk 5 sensor termokopel untuk mendeteksi temperatur yang telah diberi penguatan dan 1 sensor lvdt untuk mendeteksi perubahan panjang yang juga telah dikondisikan sinyalnya sedangkan untuk mengontrol pemanasan heater lewat SSR melalui port C.0

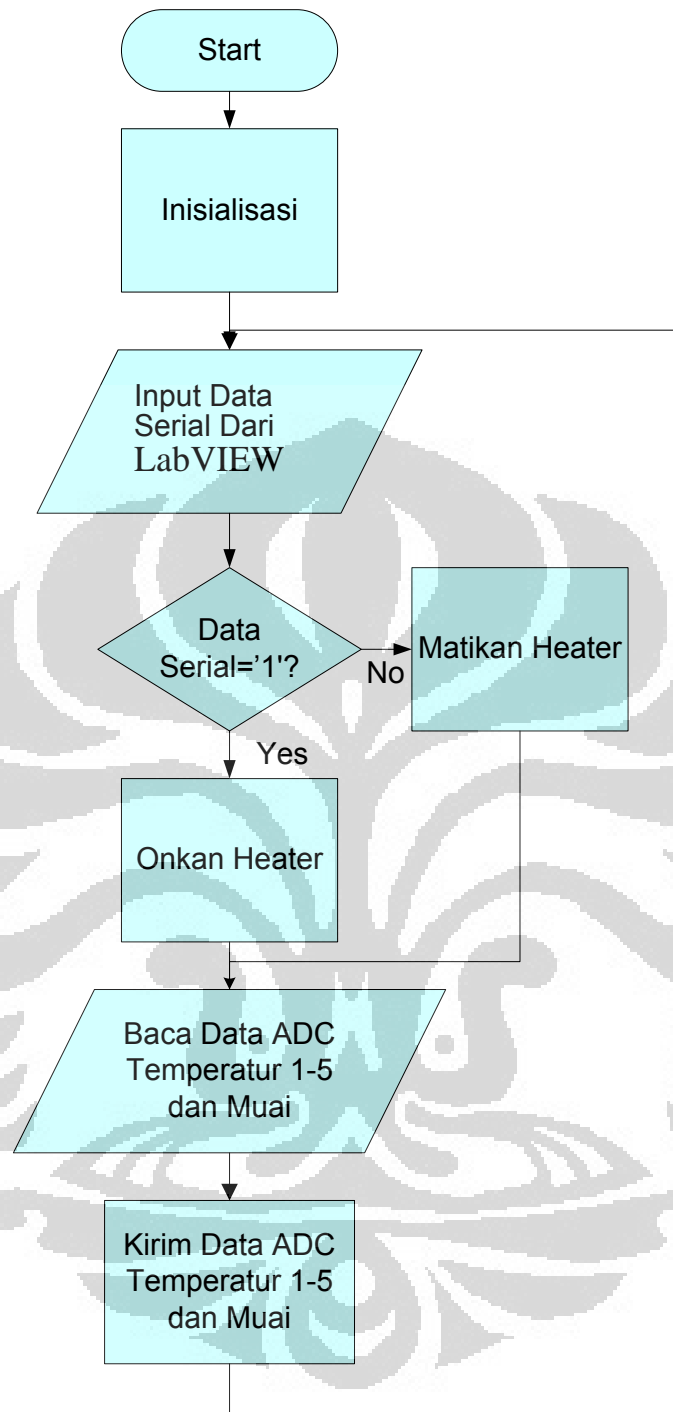
3.4 Perancangan Software Sistem

Untuk perancangan *Software* "Alat Ukur Muai Panjang Logam" terdiri dari 2 yaitu program mikrokontroler AT Mega8535 dan LabVIEW.

3.4.1 Program Mikrokontroler ATmega8535

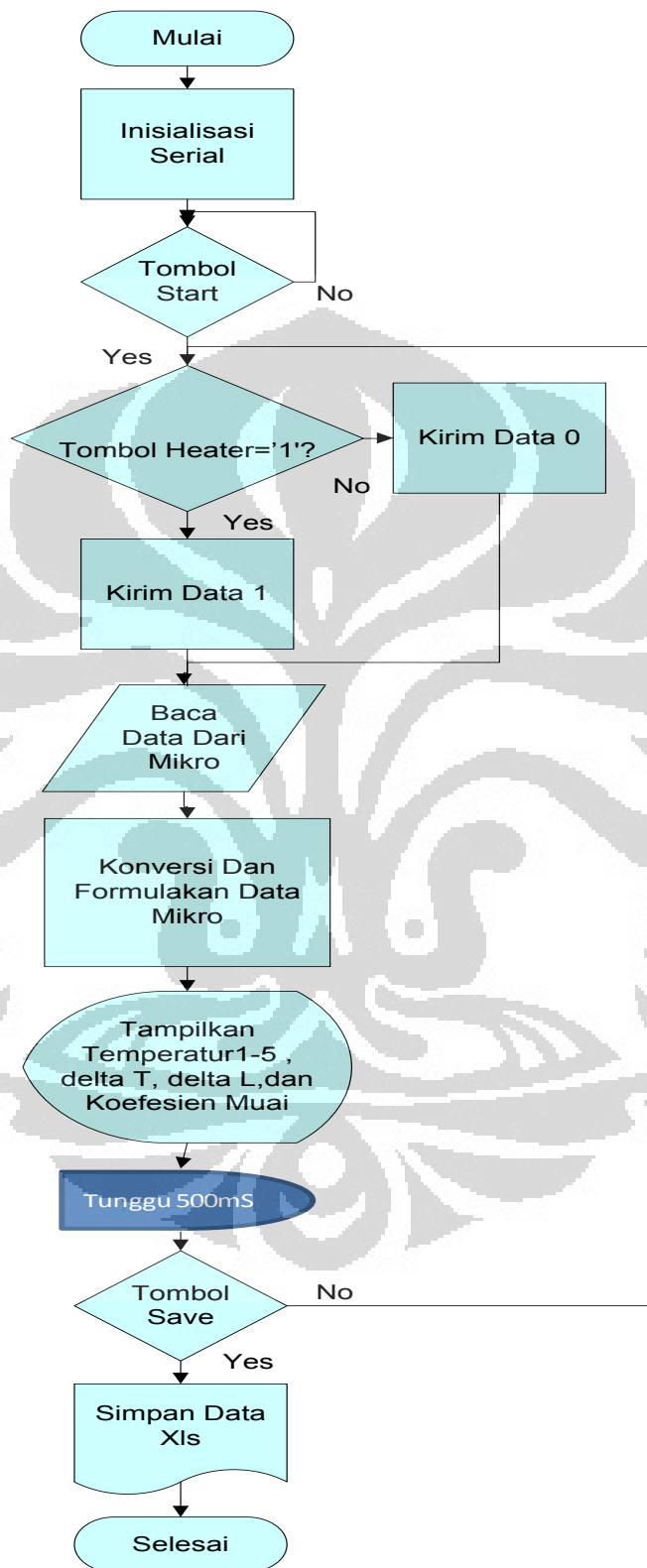
Program mikrokontroler ATmega8535 menggunakan program Bascom AVR dilakukan untuk komunikasi serial dengan PC(LabVIEW), mengcontrol ON/OFF SSR yang mendapat perintah dari LabVIEW, kemudian membaca data ADC dari 5 rangkaian penguat termokopel dan pengkondisian signal sensor LVDT untuk diproses dan ditampilkan pada PC(LabVIEW). Untuk flowchartnya sebagai berikut;





Gambar 3.17 Flowchart Program Bascom Mikrokontroler AT Mega8535

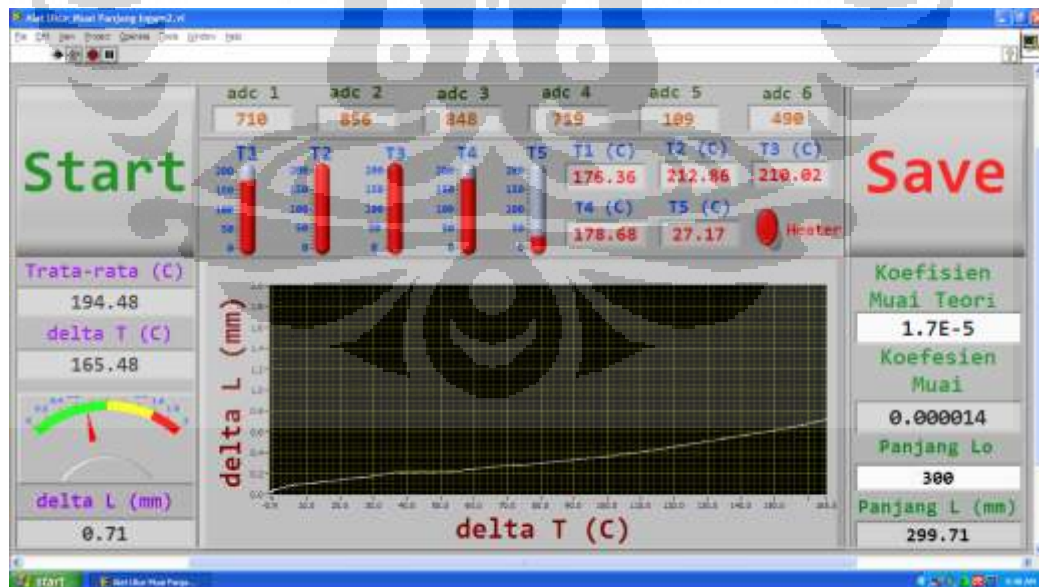
3.3.2 Program LabVIEW



Gambar 3.18 Flowchart Program LabVIEW

Program LabVIEW ini adalah untuk komunikasi serial dengan mikrokontroler ATmega8535, memerintahkan ON/OFF heater melalui mikrokontroler sebagai controlnya, membaca masukan ADC mikrokontroler seperti input 5 sensor termokopel yang telah mendapat penguatan dan sensor LVDT yang telah dikondisikan sinyalnya untuk di proses agar mendapat formula yang baik sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk grafik dan display digital.

Pada front panel LabVIEW ini program LabVIEW akan berjalan setelah running dan tombol start ditekan, kita dapat mengontrol On/Off heater kemudian menampilkan data ADC dari mikrokontroler, data termokopel dan sensor LVDT yang telah diformulasikan kemudian ditampilkan dalam bentuk analog dan digital, dengan tampilan temperature 1 sampai temperatur 5 dan delta L, menampilkan nilai rata2 4 temperatur termokopel yang digunakan untuk membaca temperature sampel logam yang dipanaskan, delta T dalam hal ini temperatur rata-rata dikurangi suhu ruang 28 °C, delta T dan delta L ditampilkan dalam bentuk grafik sumbu X terhadap sumbu Y, untuk koefisien muai didapatkan dari delta L terhadap delta T dan panjang awal logam, dimana delta L dan panjang awal logam dirubah ke dalam satuan meter.



Gambar 3.19 Front Panel Program LabVIEW

BAB 4

HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA

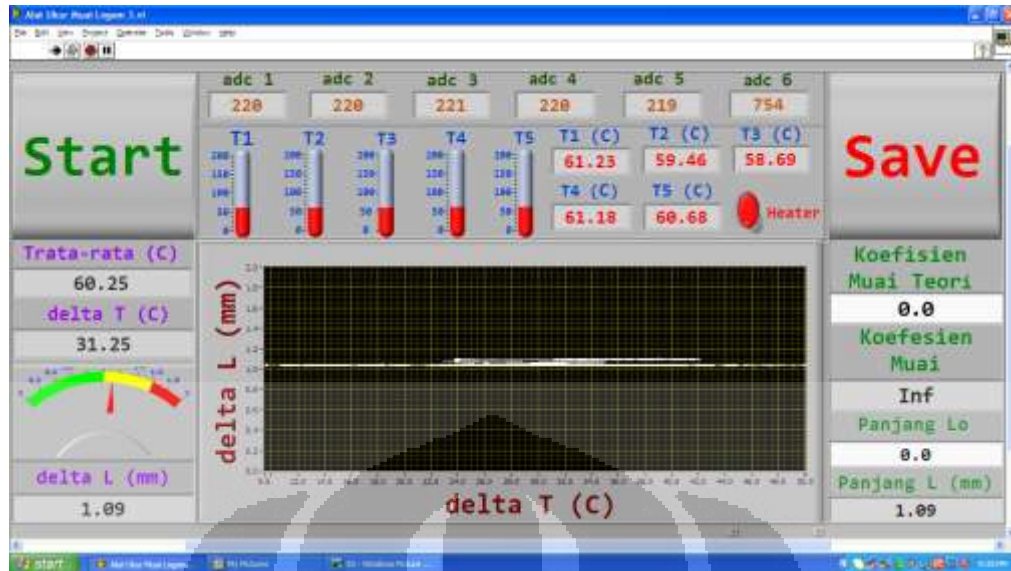
Setelah dilakukan pengerjaan keseluruhan sistem, maka perlu dilakukan pengujian alat serta penganalisaan terhadap alat, apakah sistem sudah bekerja dengan baik atau tidak.

4.1 Pengujian Sistem

Pengujian sistem meliputi rangkaian dan program yang telah dibuat pada alat ukur muai panjang logam ini.

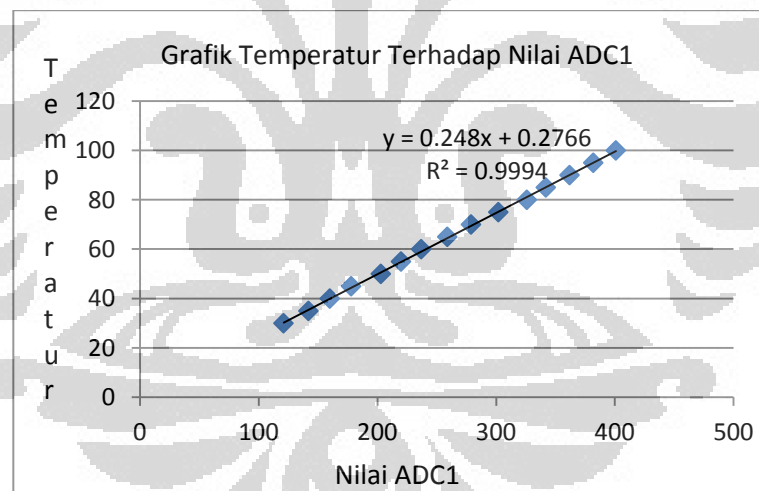
4.1.1 Kalibrasi Rangkaian Penguat Termokopel (Cold Junction)

Kalibrasi rangkaian penguat termokopel yang terdiri dari 5 rangkaian penguat termokopel dilakukan secara serempak, dengan menggunakan mug elektrik sebagai sumber panasnya dan temperatur control autonik tipe TS45 dengan sensor RTD PT100 sebagai kalibratornya. Kalibrasi ini dilakukan setelah program mikrokontroler AT Mega 8535 dan LebView telah jadi, dimana LebView digunakan sebagai display data ADC dari mikrokontroler dari input 5 rangkaian penguat termokopel. Pertama-tama 5 rangkaian penguat termokopel pada saat kondisi ruangan 28°C di set zero offsetnya agar nilai ADC 112, kemudian saat mug elektrik dipanaskan dan mencapai suhu 100°C , nilai ADC di set Gainnya agar mencapai 400. Pengambilan data dilakukan dari 100°C sampai 30°C dengan penurunan data setiap 5°C dan untuk menyimpan data kalibrasi tampilan data ADC di LebView dilakukan print screen setiap perubahan 5°C itu. Sebagai contoh gambar print screen tampilan data pada saat 55°C adalah sebagai berikut;



Gambar 4.1 Kalibrasi Data ADC 5 Rangkaian Penguat Termokopel Saat 55 °C

Dari 5 data ADC maka dibuat grafik untuk mendapatkan fungsi transfernya, dengan bentuk grafik sebagai berikut;

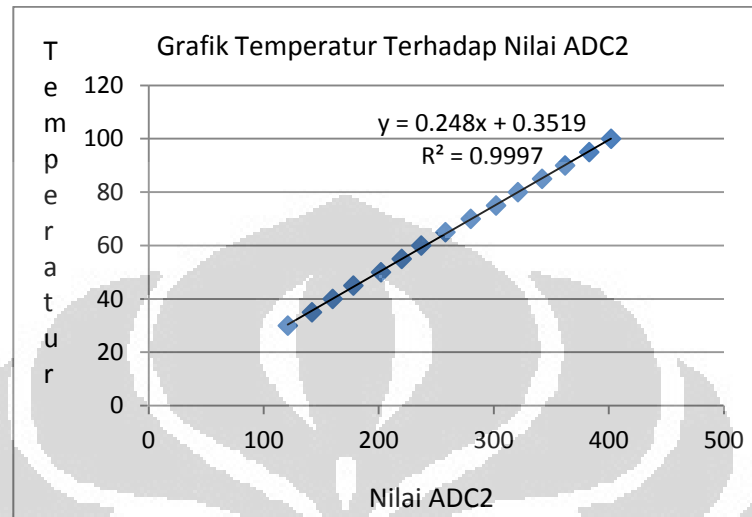


Gambar 4.2 Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 1 Penguat Termokopel

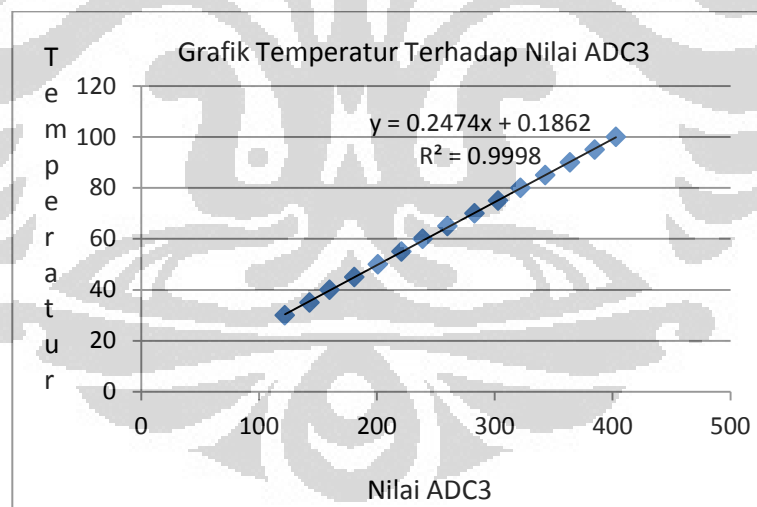
Sumbu Y adalah temperatur sedangkan sumbu X adalah ADC termokopel, dimana untuk mendapatkan nilai temperature pada sumbu Y didapatkan dengan persamaan:

$$Y(\text{temperatur}) = 0.248 \times \text{ADC} + 2.766.$$

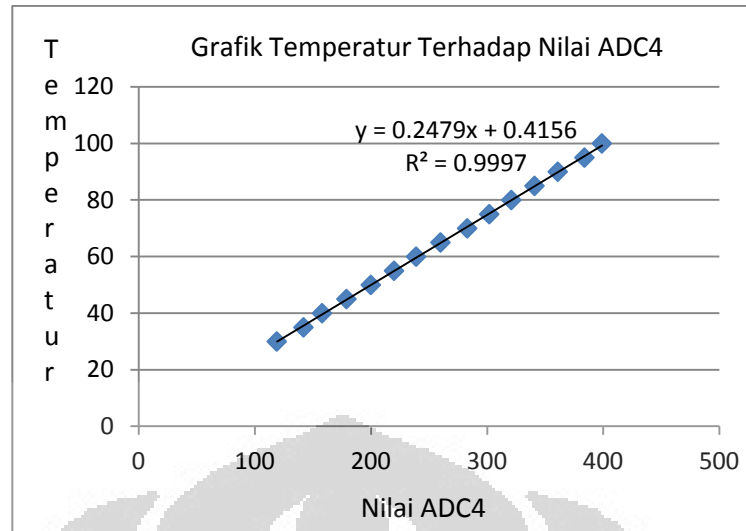
Untuk data kalibrasi keempat termokopel yang lainnya caranya sama seperti yang pertama bahwa persamaan dari fungsi transfer digunakan untuk mendapatkan nilai temperatur.



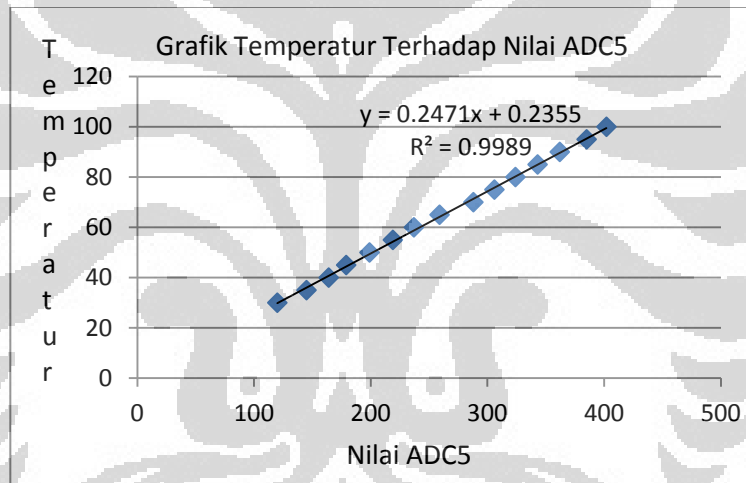
Gambar 4.3 Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 2 Penguat Termokopel



Gambar 4.4 Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 3 Penguat Termokopel



Gambar 4.5 Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 4 Penguat Termokopel



Gambar 4.6 Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Rangkaian 5 Penguat Termokopel

4.1.2 Data 5 Temperatur Termokopel

Dari 5 fungsi transfer kalibrasi rangkaian penguat termokopel digunakan untuk membuat formula di LebView untuk indicator suhu 5 termokopel tersebut. Dan untuk membuktikan pembacaannya benar tidaknya maka dilakukan pengambilan data dengan kalibrator temperatur control autonik tipe TC45 dengan sensor RTD PT100 sebagai pembandingnya, maka didapatkan data temperature di display Lebview adalah sebagai berikut;

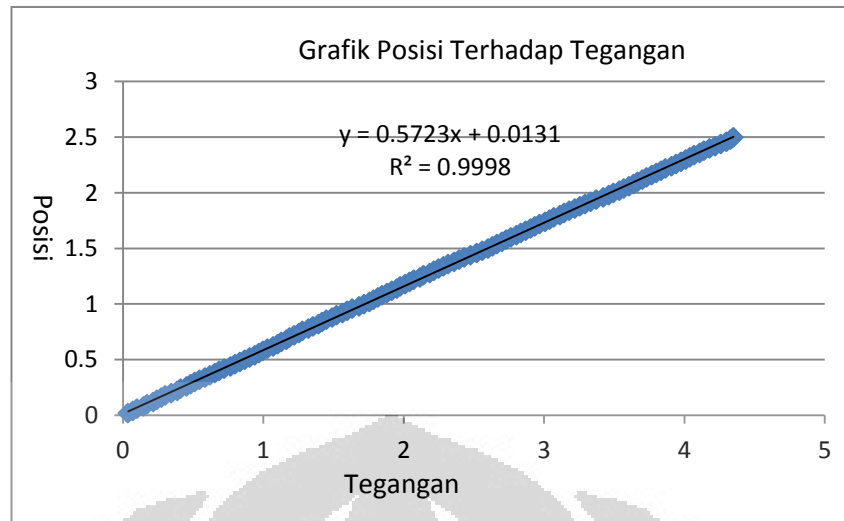
Tabel 4.1 Data 5 Temperatur Termokopel

NO	Suhu		T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	$\Delta T1(^{\circ}C)$	$\Delta T2(^{\circ}C)$	$\Delta T3(^{\circ}C)$	$\Delta T4(^{\circ}C)$	$\Delta T5(^{\circ}C)$
	Kalibrator(°C)											
1	30		30.3	30.24	30.53	30.52	30.58	0.3	0.24	0.53	0.52	0.58
2	35		35.11	35.47	35.66	35.63	35.62	0.11	0.47	0.66	0.63	0.62
3	40		40.14	40.03	40.33	40.27	40.21	0.14	0.03	0.33	0.27	0.21
4	44.3		44.02	44.36	44.76	44.68	44.56	0.28	0.06	0.46	0.38	0.26
5	50		49.97	50.05	50.13	50.26	50.07	0.03	0.05	0.13	0.26	0.07
6	55		55	55.29	55.03	55.13	55.11	0	0.29	0.03	0.13	0.11
7	60		60.49	61.21	60.64	60.47	60.61	0.49	1.21	0.64	0.47	0.61
8	65		65.75	66.22	65.54	65.58	65.43	0.75	1.22	0.54	0.58	0.43
9	70		70.78	71.01	70.44	70.23	70.01	0.78	1.01	0.44	0.23	0.01
10	75		76.04	76.25	75.57	75.34	75.28	1.04	1.25	0.57	0.34	0.28
11	80		80.16	79.89	79.54	79.75	79.64	0.16	0.12	0.46	0.25	0.36
12	85		84.96	84.67	84.44	84.62	84.45	0.04	0.33	0.56	0.38	0.55
13	90		89.99	89.46	89.58	89.73	89.73	0.01	0.64	0.42	0.27	0.27
14	95		93.88	93.56	93.31	93.91	94.31	1.12	1.46	1.69	1.09	0.69
15	98.8		97.54	96.97	97.75	97.4	97.06	1.26	1.83	1.05	1.4	1.74
ΔT Rata2								0.434	0.680667	0.539333	0.48	0.452667

dari data tersebut bahwa perbedaan rata-rata temperatur dengan kalibrator adalah kurang dari 1°C.

4.1.3 Kalibrasi Sensor LVDT

Pengambilan data sensor lvdt dilakukan dengan micrometer, dimana pengambilan data dilakukan setiap kenaikan 0.02mm sampai 2.5mm. Pertama-tama posisi coil lvdt diset pada posisi tengah-tengah antara kumparan sekunder 1 dan 2 sehingga tegangan output sensor lvdt adalah nol, kemudian dilakukan pendorongan oleh mikrometer setiap kenaikan 0.02mm, perubahan tegangan output sensor lvdt yang dibaca oleh multimeter digital dalam hal ini merek sanwa dicatat. Data kalibrasi yang didapatkan dalam fungsi grafik adalah sebagai berikut;



Gambar 4.7 Grafik Fungsi Transfer Kalibrasi Sensor LVDT

Dari grafik fungsi transfer kalibrasi sensor lvdt diatas, data yang didapatkan grafiknya linear. Sumbu Y adalah jarak yang didapatkan dari sumbu X yang merupakan tegangan output sensor lvdt dikali dengan 0.5723 kemudian ditambah 0.0131.

4.2 Pengujian Sampel

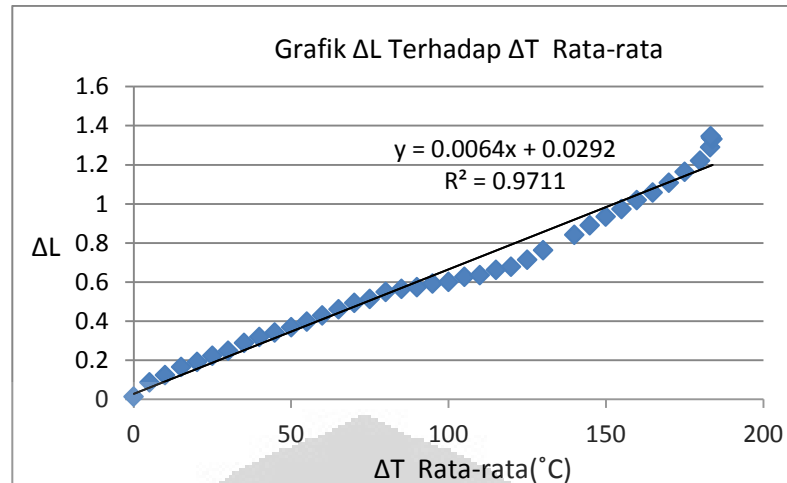
Pengujian sampel yang dilakukan dengan 2 mekanik alat ukur muai panjang logam dengan jenis heater dan panjang sampel yang berbeda.

4.2.1 Pengujian Sampel Dengan Mekanik Heater Nozzel

Pengujian dengan mekanik heater nozzel dilakukan terhadap 3 sampel logam yaitu aluminium, kuningan, dan tembaga dengan panjang sampel ± 30 cm.

4.2.1.1 Pengujian Sampel Aluminium

Sampel aluminium yang digunakan dalam percobaan ini memiliki panjang awal L_0 pada suhu ruang 29°C adalah 298mm. Dengan kondisi itu maka dilakukan pengukuran perubahan panjang pemuai dengan menggunakan sensor lvdt sebagai pendeteksinya dan 4 termokopel sebagai pembaca temperatur aluminium yang dipanaskan, maka didapatkan data perubahan pemuai terhadap perubahan temperatur adalah sebagai berikut;

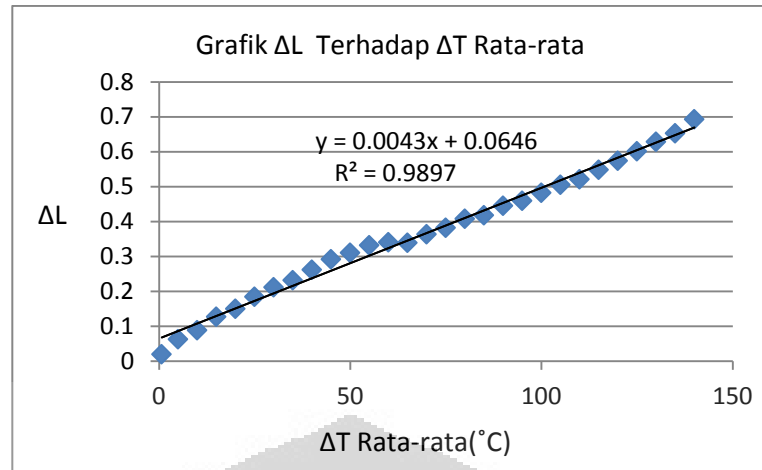


Gambar 4.8 Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Aluminium

Dari grafik tersebut bahwa perubahan panjang pemuaian adalah berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin tinggi perubahan temperatur maka perubahan panjang pemuaian akan semakin besar, dan pada saat perubahan temperatur mencapai 80°C sampai 150°C terjadi ketidak linearan, hal ini terjadi karena perbedaan perubahan temperatur yang cukup jauh antara titik 1, 4 dengan titik 2, dan 3, yang disebabkan sumber panas yang didapatkan pada titik tersebut berbeda dimana titik 2 dan 3 panas yang didapatkan lebih besar dibanding titik 1 dan 4, dan juga terjadi pemanasan yang terlalu cepat, ketika dilakukan pematian heater pada temperatur ΔT rata-rata 150°C , pemanasan sampel aluminium mengalami pemerataan sampai perubahan suhu rata-rata mencapai suhu 183°C dengan hasil koefesien muai adalah $1.7 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$,

4.2.1.2 Pengujian Sampel Kuningan

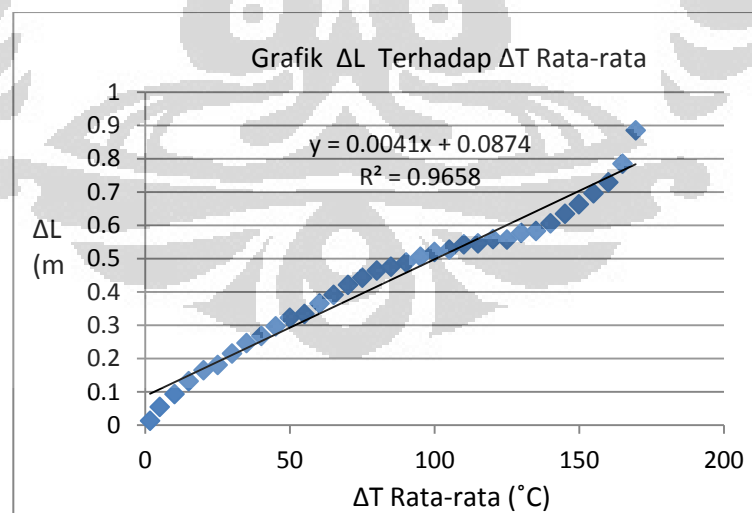
Sampel kuningan yang digunakan dalam percobaan ini memiliki panjang awal L_0 pada suhu ruang 29°C adalah 300mm . Dari grafik dibawah perubahan panjang pemuaian adalah berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin tinggi perubahan temperatur maka perubahan panjang pemuaian akan semakin besar dan pada grafik tampak terlihat penurunan pada suhu 70°C sampai 150°C hal ini terjadi karena ketidakrataan temperatur yang cukup tinggi sampai 30°C . Dengan hasil koefesien muai panjang pada ΔT rata-rata 150°C adalah $1.6 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, dimana seharusnya $1.9 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.



Gambar 4.9 Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Kuningan

4.2.1.3 Pengujian Sampel Tembaga

Sampel tembaga yang digunakan dalam percobaan ini memiliki panjang awal L_0 pada suhu ruang 28°C adalah 300.5mm. Dengan kondisi itu maka dilakukan pengukuran perubahan panjang pemuaian dengan menggunakan sensor lvdt sebagai pendeteksinya dan 4 termokopel sebagai pembaca temperatur kuningan yang dipanaskan, maka didapatkan data perubahan pemuaian, perubahan temperatur, dan koefesien muai tembaga. Datanya adalah sebagai berikut;



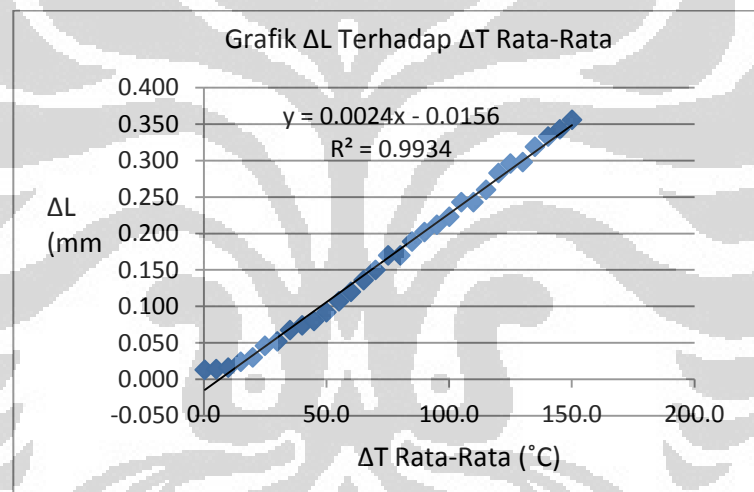
Gambar 4.10 Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Tembaga

Dari grafik tersebut bahwa perubahan panjang pemuaian adalah berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin tinggi perubahan

temperatur maka perubahan panjang pemuaian akan semakin besar, data yang paling bagus adalah saat temperature heater dimatikan, dimana terjadi penyebaran panas, hal itu terjadi pada saat heater dimatikan ΔT rata-rata 150°C sampai 168°C dengan hasil koefesien muai $1.7 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

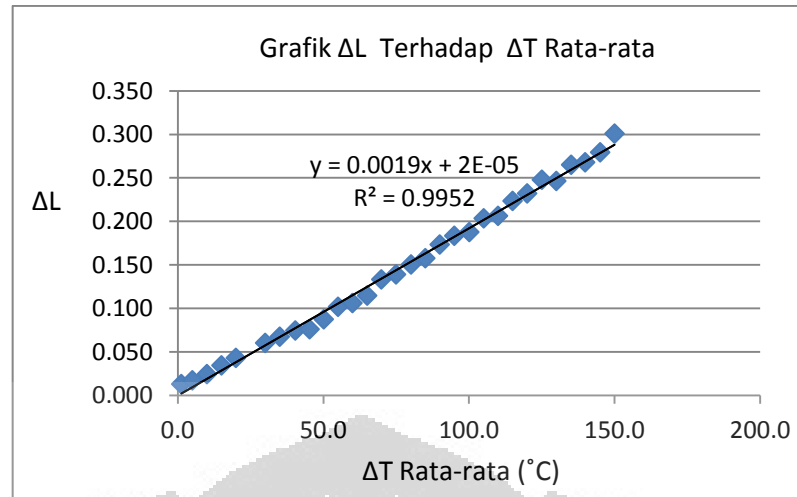
4.2.2 Pengujian Sampel Almunium Dengan Mekanik Heater Infra Red

Pengujian dengan mekanik heater nozzel dilakukan terhadap sampel almunium dengan panjang sampel $\pm 7.4\text{cm}$. Sampel almunium yang digunakan dalam percobaan ini memiliki panjang awal L_0 pada suhu ruang 29°C adalah 74mm . Dengan melakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan data pengujian adalah sebagai berikut;



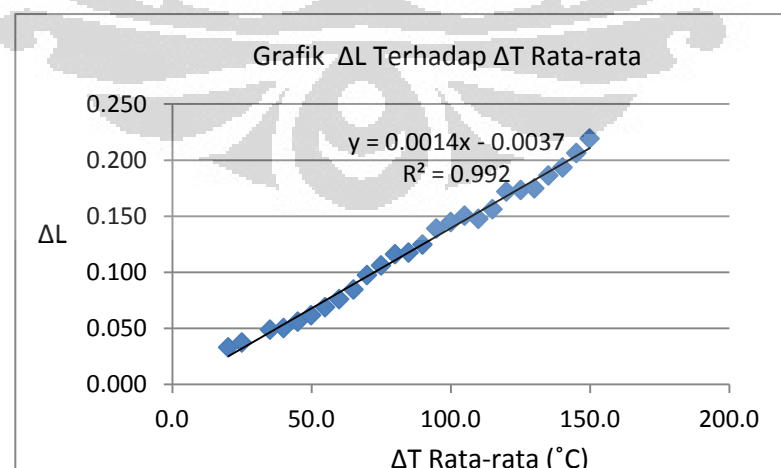
Gambar 4.11 Grafik ΔL terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium Pengambilan Data 1

Dari grafik diatas data perubahan panjang muai berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin besar delta T maka delta L nya akan semakin besar, untuk data temperatur dari 5 termokopel yang dihasilkan cukup baik dikisaran temperatur ΔT rata-rata 150° perbedaan temperatur 1 sampai 5 perbedaannya $\pm 11^{\circ}\text{C}$, perbedaan yang terjadi berada dititik 1 dan 5, hal ini terjadi karena posisi itu tidak mengalami pemanasan heater infra red yang tepat diatasnya berbeda dengan titik 2, 3, dan 4 yang berada diatas heater dengan hasil koefesien muai pada temperatur ΔT rata-rata 150°C adalah $3.2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.



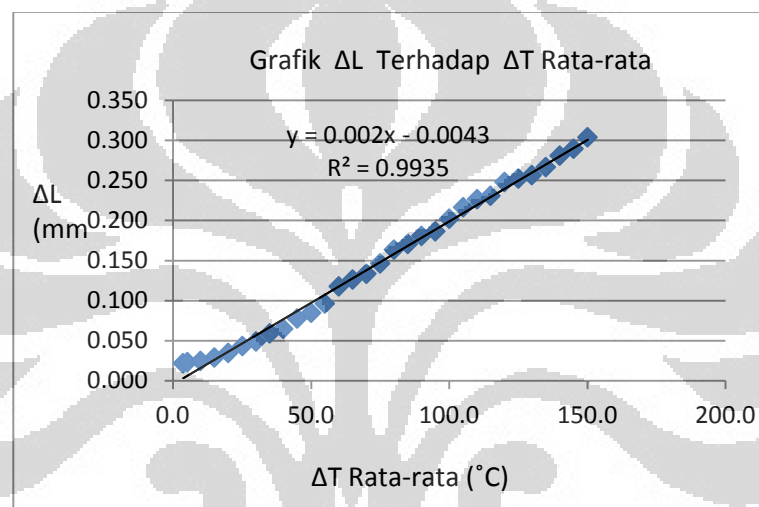
Gambar 4.12 Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Aluminium Pengambilan Data 2

Dari grafik diatas data perubahan panjang muai berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin besar delta T maka delta L nya akan semakin besar, untuk data temperatur dari 5 termokopel yang dihasilkan cukup baik dikisaran temperatur ΔT rata-rata 150°C perbedaan temperatur 1 sampai 5 perbedaannya $\pm 7^{\circ}\text{C}$, perbedaan yang terjadi berada dititik 1 dan 5, hal ini terjadi karena posisi itu tidak mengalami pemanasan heater infra red yang tepat diatasnya berbeda dengan titik 2, 3, dan 4 yang berada diatas heater dengan hasil koefesien muai pada temperatur ΔT rata-rata 150°C adalah $2.7 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.



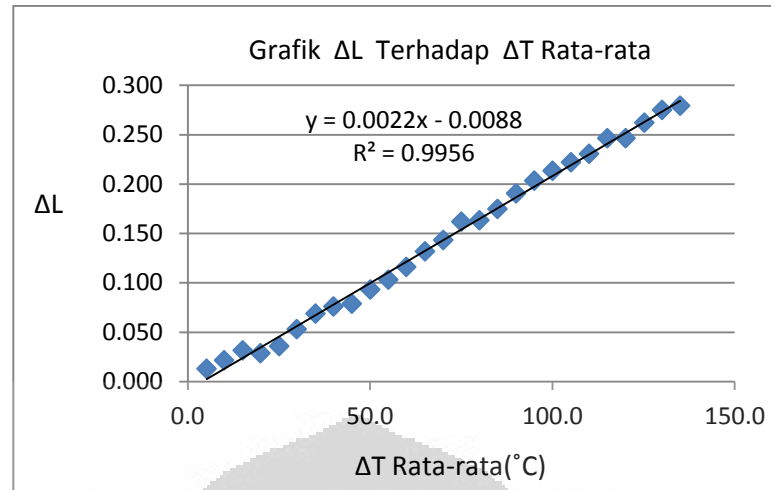
Gambar 4.13 Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Aluminium Pengambilan Data 3

Dari grafik diatas data perubahan panjang muai berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin besar delta T maka delta L nya akan semakin besar, untuk data temperatur dari 5 termokopel yang dihasilkan cukup baik dikisaran temperatur ΔT rata-rata 150°C perbedaan temperatur 1 sampai 5 perbedaannya $\pm 9^{\circ}\text{C}$, perbedaan yang terjadi berada dititik 1 dan 5, hal ini terjadi karena posisi itu tidak mengalami pemanasan heater infra red yang tepat diatasnya berbeda dengan titik 2, 3, dan 4 yang berada diatas heater dengan hasil koefesien muai pada temperatur ΔT rata-rata 150°C adalah $2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.



Gambar 4.14 Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata
Sampel Almunium Pengambilan Data 4

Dari grafik diatas data perubahan panjang muai berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin besar ΔT maka ΔL nya akan semakin besar, untuk data temperatur dari 5 termokopel yang dihasilkan cukup baik dikisaran temperatur ΔT rata-rata 150°C perbedaan temperatur 1 sampai 5 perbedaannya $\pm 9^{\circ}\text{C}$, perbedaan yang terjadi berada dititik 1 dan 5, hal ini terjadi karena posisi itu tidak mengalami pemanasan heater infra red yang tepat diatasnya berbeda dengan titik 2, 3, dan 4 yang berada diatas heater dengan hasil koefesien muai pada temperatur ΔT rata-rata 150°C adalah $2.7 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.



Gambar 4.15 Grafik ΔL Terhadap ΔT Rata-rata Sampel Almunium Pengambilan Data 5

Dari grafik diatas data perubahan panjang muai berbanding lurus dengan perubahan temperatur, dimana semakin besar ΔT maka ΔL nya akan semakin besar, untuk data temperatur dari 5 termokopel yang dihasilkan cukup baik dikisaran temperatur ΔT rata-rata 135°C perbedaan temperatur 1 sampai 5 perbedaannya $\pm 5^{\circ}\text{C}$, perbedaan yang terjadi berada dititik 1 dan 5, hal ini terjadi karena posisi itu tidak mengalami pemanasan heater infra red yang tepat diatasnya berbeda dengan titik 2, 3, dan 4 yang berada diatas heater dengan hasil koefesien muai pada temperatur ΔT rata-rata 135°C adalah $2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung, selain itu juga penutup memuat saran dan kritik guna pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.

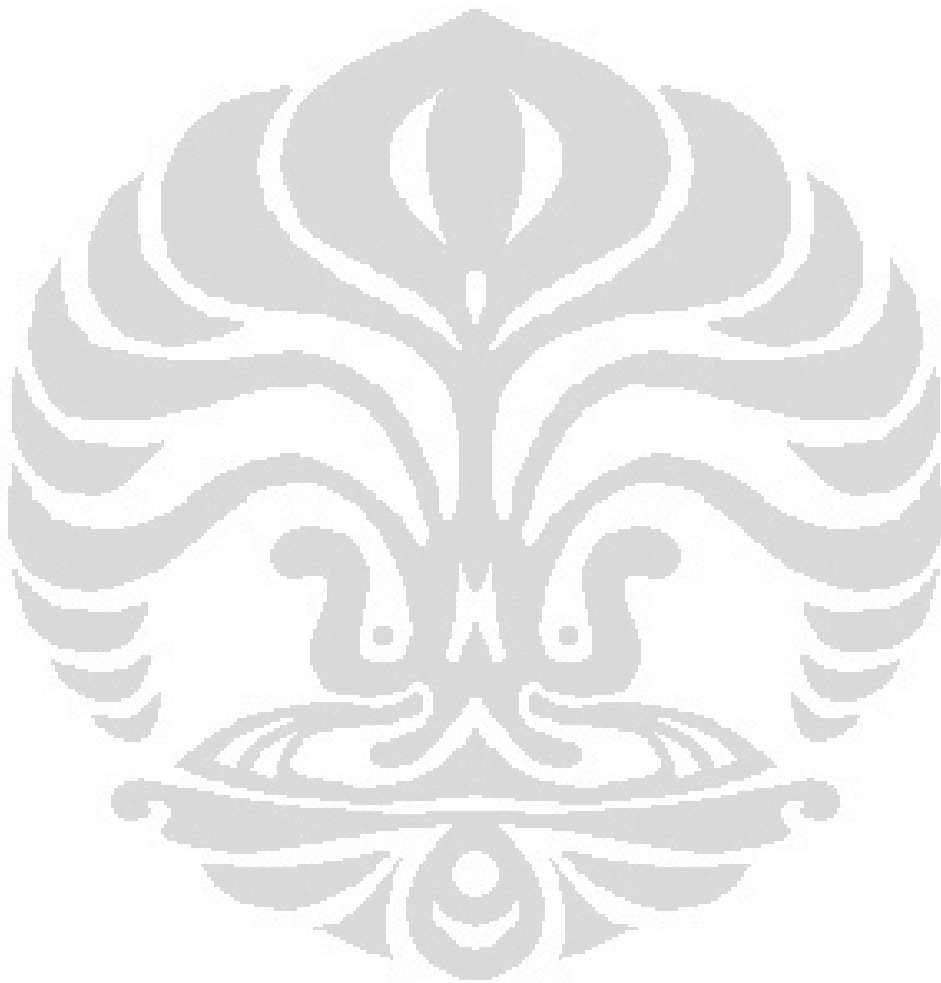
5.1 Kesimpulan

1. Dari percobaan yang dilakukan penempatan coil ditengah-tengah antara kumparan sekunder A dan B akan menghasilkan keluaran tegangan 0 VAC berbeda jika penempatan coil ke arah sekunder A yang semakin panjang maka keluaran tegangan sekunder A semakin besar, perubahan tegangan itu sebanding dengan perubahan jarak masuk coil.
2. Dari hasil pengujian sampel baik menggunakan mekanik heater nozzle maupun mekanik heater infra red perubahan muai logam sebanding dengan perubahan temperatur, dimana semakin tinggi perubahan temperatur, perubahan muai panjangnya juga semakin besar.
3. Mekanik heater infra red memiliki penyebaran temperatur yang lebih rata dibandingkan dengan mekanik heater nozzle, hal ini terjadi karena pemanasan yang dilakukan mekanik heater infra red terhadap sampel lebih rata.

5.2 Saran

1. Agar Penyebaran Panas merata buatlah mekanik dengan sumber panas yang sama terhadap sampel uji.
2. Perbanyak termokopel untuk mengetahui pemerataan pemanasan terhadap sampel yang akan diuji.
3. Gunakan sensor LVDT yang mempunyai pegas, agar mudah dalam menset titik keseimbangan antara induksi sekunder 1 dan induksi sekunder 2 dan

juga agar dapat membaca penyusutan sampel akibat penurunan temperatur.



DAFTAR REFERENSI

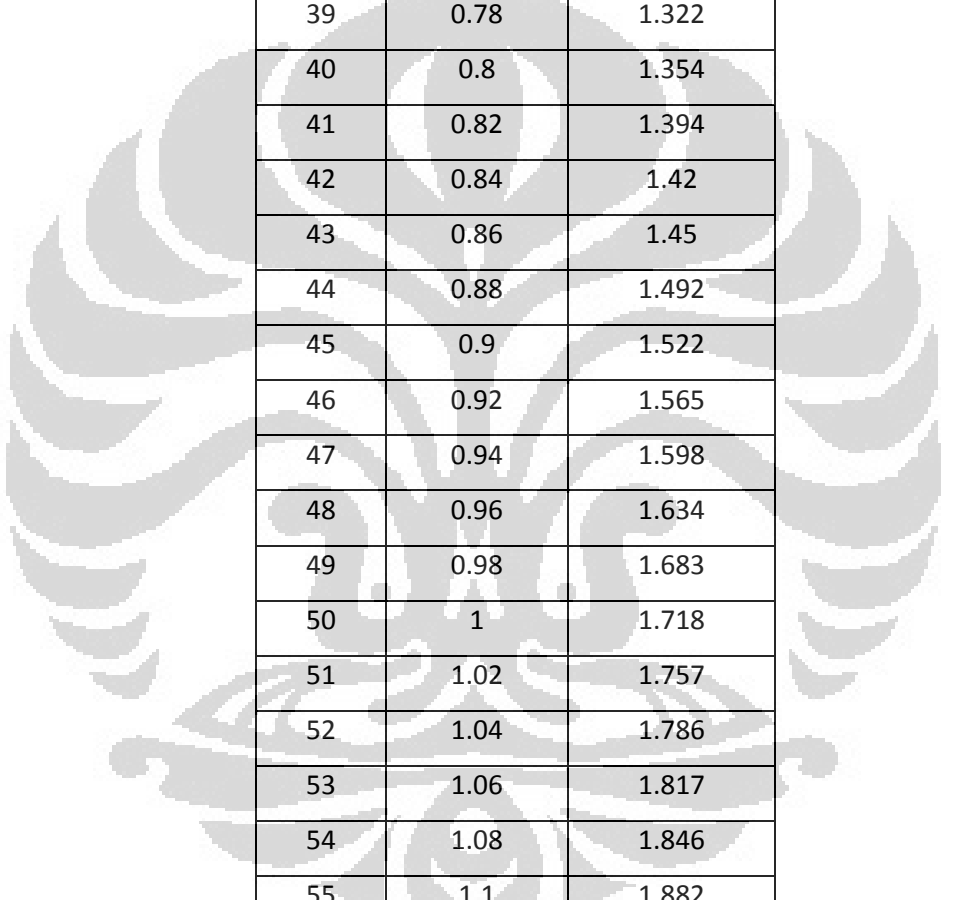
1. Americana, Harry Persea, dkk. 2011. *Termokopel Tipe K*. Laporan Ini Dibuat Untuk Memenuhi Tugas Mata Kuliah Komponen Sistem Kontrol. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha.
2. Koestoer, Raldi Artono. 2004. *Pengukuran Teknik*. Depok: Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
3. Samadikun, samaun, dkk. 1988. *Sistem Instrumentasi Elektronika*. Bandung: ITB.
4. Tipler, Paul A. 1998. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*, Edisi Ketiga Jilid 1. Jakarta: Penerbit Erlangga.
5. Wijaya, Sastra Kusuma. *Prinsip Sensor*. Depok: FMIPA, UI.
6. Agus, 2010, sensor posisi.
<http://www.aguseb32.files.wordpress.com/2010/12/sensor-posisi.doc>
(23/04/2012, pukul 22.10 WIB).
7. Elisa, 2012. Suhu,
<http://www.elisa1.ugm.ac.id/files/agusarif/IXWg1JvS/Klmpk06%20Suhu.ppt>
(24/04/2012, pukul 01.00 WIB).
8. Pemuaian, 2012.
http://www.spfisika.weebly.com/uploads/4/9/6/8/4968140/5_pemuaian.pdf
(23/04/12 , Pukul 20.04 WIB).
9. <http://www.omega.com/temperature/z/pdf/z021-032.pdf> (23/04/2012, pukul 22.40).
10. <http://www.solartronmetrology.com/products/absolute-displacement-transducers-lvdt/ac-miniature-lvdt-sm.aspx> (23/04/2012, pukul 22.25).



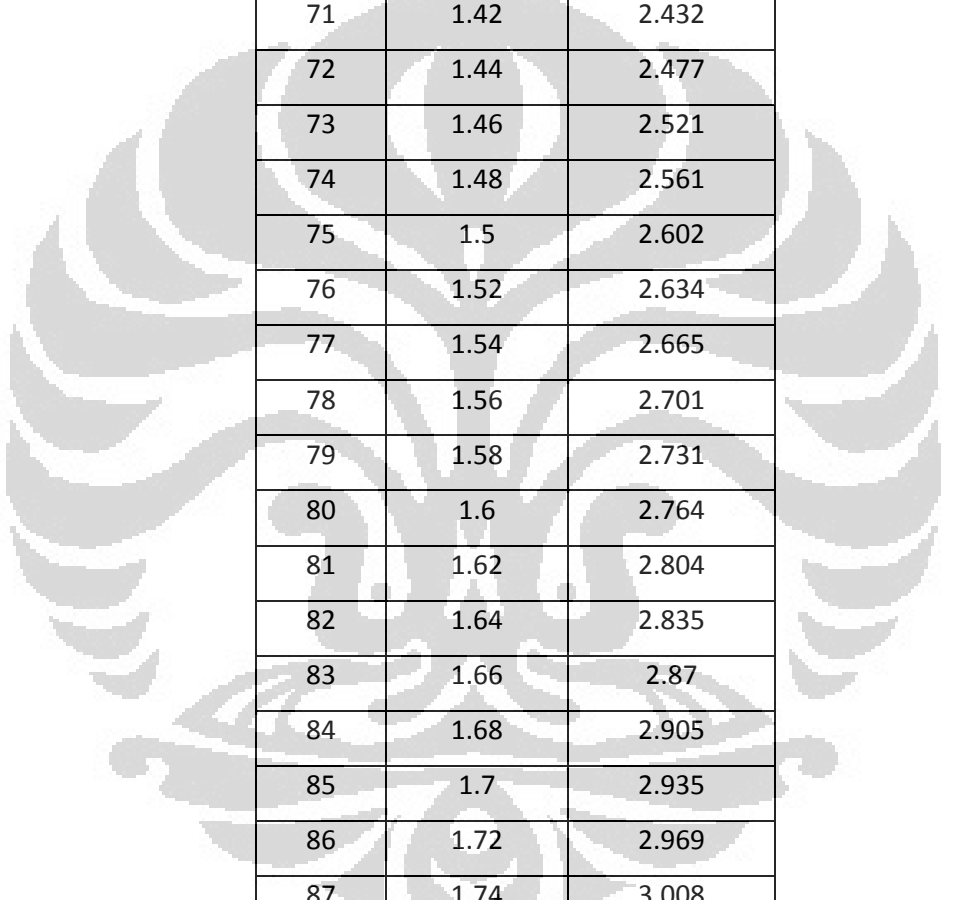
LAMPIRAN

Tabel Data Kalibrasi Sensor LVDT

No	Jarak (mm)	Tegangan (V)
1	0.02	0.036
2	0.04	0.071
3	0.06	0.1
4	0.08	0.147
5	0.1	0.172
6	0.12	0.216
7	0.14	0.242
8	0.16	0.275
9	0.18	0.302
10	0.2	0.345
11	0.22	0.387
12	0.24	0.411
13	0.26	0.454
14	0.28	0.482
15	0.3	0.512
16	0.32	0.546
17	0.34	0.585
18	0.36	0.62
19	0.38	0.656
20	0.4	0.686
21	0.42	0.722
22	0.44	0.767
23	0.46	0.799
24	0.48	0.834
25	0.5	0.868
26	0.52	0.903
27	0.54	0.94
28	0.56	0.969
29	0.58	0.998
30	0.6	1.03



31	0.62	1.071
32	0.64	1.103
33	0.66	1.128
34	0.68	1.165
35	0.7	1.187
36	0.72	1.221
37	0.74	1.255
38	0.76	1.279
39	0.78	1.322
40	0.8	1.354
41	0.82	1.394
42	0.84	1.42
43	0.86	1.45
44	0.88	1.492
45	0.9	1.522
46	0.92	1.565
47	0.94	1.598
48	0.96	1.634
49	0.98	1.683
50	1	1.718
51	1.02	1.757
52	1.04	1.786
53	1.06	1.817
54	1.08	1.846
55	1.1	1.882
56	1.12	1.916
57	1.14	1.952
58	1.16	1.976
59	1.18	2.011
60	1.2	2.043
61	1.22	2.073
62	1.24	2.117



63	1.26	2.142
64	1.28	2.187
65	1.3	2.216
66	1.32	2.249
67	1.34	2.284
68	1.36	2.317
69	1.38	2.36
70	1.4	2.396
71	1.42	2.432
72	1.44	2.477
73	1.46	2.521
74	1.48	2.561
75	1.5	2.602
76	1.52	2.634
77	1.54	2.665
78	1.56	2.701
79	1.58	2.731
80	1.6	2.764
81	1.62	2.804
82	1.64	2.835
83	1.66	2.87
84	1.68	2.905
85	1.7	2.935
86	1.72	2.969
87	1.74	3.008
88	1.76	3.04
89	1.78	3.07
90	1.8	3.114
91	1.82	3.144
92	1.84	3.18
93	1.86	3.22
94	1.88	3.256



95	1.9	3.293
96	1.92	3.332
97	1.94	3.373
98	1.96	3.423
99	1.98	3.462
100	2	3.495
101	2.02	3.537
102	2.04	3.569
103	2.06	3.606
104	2.08	3.639
105	2.1	3.667
106	2.12	3.702
107	2.14	3.731
108	2.16	3.768
109	2.18	3.801
110	2.2	3.835
111	2.22	3.865
112	2.24	3.909
113	2.26	3.941
114	2.28	3.977
115	2.3	4.01
116	2.32	4.04
117	2.34	4.07
118	2.36	4.11
119	2.38	4.14
120	2.4	4.18
121	2.42	4.22
122	2.44	4.26
123	2.46	4.3
124	2.48	4.33
125	2.5	4.35

Tabel Data ADC 5 Termokopel

No	Temperatur(°C)	ADC T1	ADC T2	ADC T3	ADC T4	ADC T5
1	30	121	121	122	119	120
2	35	142	142	143	142	145
3	40	160	160	160	158	164
4	45	178	178	181	179	179
5	50	203	202	201	200	199
6	55	220	220	221	220	219
7	60	237	237	239	239	237
8	65	259	258	260	260	259
9	70	279	280	283	283	288
10	75	302	302	303	302	306
11	80	326	321	322	321	324
12	85	342	342	343	341	343
13	90	362	362	364	361	362
14	95	382	383	385	384	385
15	100	401	402	403	399	402

Tabel Data Sampel Almunium Pakai Mekanik Heater Nozzel

No	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	ΔT Rata-rata(°C)	ΔL(mm)	L0(mm)	α Perc	α Teori
1	27.79	28.64	27.73	27.5	28.98	0	0.01453	298	-0.00057	0.000025
2	32.82	35.25	32.63	31.45	28.29	5.04	0.08757	298	0.000058	0.000025
3	37.62	41.62	37.53	35.16	28.52	9.98	0.12480	298	0.000042	0.000025
4	42.42	48	42.66	39.34	28.52	15.11	0.16634	298	0.000037	0.000025
5	47.23	54.15	47.8	43.52	28.52	20.17	0.19211	298	0.000032	0.000025
6	51.8	60.07	52.7	47.47	28.52	25.01	0.22362	298	0.00003	0.000025
7	56.37	66	57.83	51.88	28.52	30.02	0.24940	298	0.000028	0.000025
8	61.18	71.92	62.97	56.29	28.06	35.09	0.28950	298	0.000028	0.000025
9	65.75	77.38	68.1	60.47	28.06	39.93	0.31958	298	0.000027	0.000025
10	70.32	83.08	73.47	64.42	28.29	44.82	0.34249	298	0.000026	0.000025
11	75.35	89	78.61	69.3	28.29	50.07	0.36970	298	0.000025	0.000025
12	80.16	94.47	83.98	73.48	28.29	55.02	0.39834	298	0.000024	0.000025
13	84.96	99.93	89.34	77.43	28.29	59.92	0.42985	298	0.000024	0.000025

14	89.76	105.4	95.18	82.07	28.29	65.1	0.46136	298	0.000024	0.000025
15	94.79	110.87	100.08	86.71	28.29	70.11	0.49430	298	0.000024	0.000025
16	99.6	116.11	105.21	91.13	28.06	75.01	0.51435	298	0.000023	0.000025
17	104.4	121.8	110.35	95.77	28.06	80.08	0.55015	298	0.000023	0.000025
18	109.2	127.04	115.72	100.41	28.29	85.09	0.56590	298	0.000022	0.000025
19	113.77	132.05	121.1	105.06	28.06	89.99	0.57450	298	0.000021	0.000025
20	118.58	137.52	126.45	109.24	28.06	94.95	0.59312	298	0.000021	0.000025
21	123.6	142.98	131.59	113.88	28.29	100.02	0.60171	298	0.00002	0.000025
22	128.64	148.45	136.72	118.53	28.06	105.08	0.62749	298	0.00002	0.000025
23	133.44	153.69	141.86	122.94	28.29	109.98	0.63608	298	0.000019	0.000025
24	138.47	159.15	147.23	127.58	28.29	115.11	0.66329	298	0.000019	0.000025
25	142.82	164.16	152.6	132	28.52	119.89	0.67904	298	0.000019	0.000025
26	147.16	169.4	159.6	135.94	28.06	125.03	0.71485	298	0.000019	0.000025
27	152.19	175.33	164.5	140.35	28.29	130.09	0.76354	298	0.00002	0.000025
28	160.88	185.8	174.3	151.04	28.06	140	0.84231	298	0.00002	0.000025
29	165.46	191.27	178.74	156.14	28.06	144.9	0.89100	298	0.000021	0.000025
30	170.03	196.74	184.1	161.02	28.29	149.97	0.93540	298	0.000021	0.000025
31	174.6	201.97	189.94	165.43	28.06	154.99	0.97407	298	0.000021	0.000025
32	179.19	207	195.31	169.85	28.29	159.83	1.0199	298	0.000021	0.000025
33	183.75	212	201.84	174.03	28.29	164.9	1.05858	298	0.000022	0.000025
34	188.56	217.46	206.98	179.13	28.29	170.03	1.10869	298	0.000022	0.000025
35	193.13	222.47	212.58	184.01	28.29	175.05	1.16454	298	0.000022	0.000025
36	197.47	226.35	218.18	189.82	28.29	179.95	1.22183	298	0.000023	0.000025
37	201.13	226.57	221.68	195.16	28.29	183.15	1.29057	298	0.000024	0.000025
38	202.96	224.52	221.92	198.17	28.06	183.89	1.33210	298	0.000024	0.000025
39	202.51	223.38	221.21	198.64	28.09	183.44	1.33927	298	0.000025	0.000025
40	202.28	222.7	221.21	199.1	28.29	183.32	1.3464	298	0.000025	0.000025

Tabel Data Sampel Tembaga Pakai Mekanik Heater Nozzel

No	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	ΔT Rata-rata(°C)	$\Delta L(mm)$	L0(mm)	α Perc	α Teori
1	30.76	30.69	30.76	30.29	28.98	1.62	0.0131	300.5	0.000027	0.000017
2	34.42	35.25	33.56	32.61	29.2	4.96	0.054632	300.5	0.000037	0.000017
3	39.45	41.62	38.7	36.56	29.2	10.08	0.0933	300.5	0.000031	0.000017

4	44.48	47.55	43.36	40.5	29.43	14.97	0.131968	300.5	0.000029	0.000017
5	49.51	53.7	48.5	44.68	29.43	20.1	0.164908	300.5	0.000027	0.000017
6	54.32	59.16	53.63	48.86	29.43	24.99	0.180661	300.5	0.000024	0.000017
7	59.12	64.86	58.53	53.28	29.89	29.95	0.215033	300.5	0.000024	0.000017
8	63.92	70.55	63.67	57.69	29.43	34.96	0.24654	300.5	0.000023	0.000017
9	68.72	76.02	69.27	62.332	29.66	40.09	0.268022	300.5	0.000022	0.000017
10	73.75	81.26	74.17	66.978	29.66	45.04	0.296665	300.5	0.000022	0.000017
11	78.33	86.72	79.54	71.16	29.89	49.94	0.322444	300.5	0.000021	0.000017
12	83.13	92.42	84.91	75.57	29.66	55	0.333901	300.5	0.00002	0.000017
13	88.16	98.34	90.04	80.21	29.89	60.19	0.365409	300.5	0.00002	0.000017
14	92.51	104.26	95.18	84.39	29.66	65.08	0.391187	300.5	0.00002	0.000017
15	97.08	109.73	100.31	89.03	29.43	70.04	0.421262	300.5	0.00002	0.000017
16	101.42	115.88	105.21	93.45	29.43	74.99	0.442745	300.5	0.00002	0.000017
17	106.23	121.34	110.35	98.09	29.66	80	0.464227	300.5	0.000019	0.000017
18	110.57	126.81	115.72	102.5	29.66	84.9	0.475684	300.5	0.000019	0.000017
19	115.37	132.5	121.32	107.38	29.43	90.15	0.488573	300.5	0.000018	0.000017
20	119.95	137.74	126.69	112.02	29.43	95.1	0.505759	300.5	0.000018	0.000017
21	124.29	142.75	131.82	116.9	29.67	99.94	0.520081	300.5	0.000017	0.000017
22	128.87	148.45	137.42	121.55	29.43	105.07	0.527241	300.5	0.000017	0.000017
23	133.67	153.46	142.56	126.65	29.2	110.09	0.542995	300.5	0.000016	0.000017
24	138.02	158.7	147.69	131.53	29.43	114.98	0.545859	300.5	0.000016	0.000017
25	142.59	164.16	153.3	136.64	29.2	120.17	0.558749	300.5	0.000015	0.000017
26	147.16	169.18	158.43	141.28	29.43	125.01	0.557316	300.5	0.000015	0.000017
27	151.501	174.19	163.8	146.16	29.43	129.91	0.577367	300.5	0.000015	0.000017
28	156.08	179.65	169.63	150.8	29.43	135.04	0.583095	300.5	0.000014	0.000017
29	160.43	184.89	175.24	155.68	29.2	140.06	0.60601	300.5	0.000014	0.000017
30	165	189.9	180.6	160.79	29.2	145.07	0.634652	300.5	0.000015	0.000017
31	169.574	195.14	185.5	165.2	29.43	149.86	0.663295	300.5	0.000015	0.000017
32	174.38	200.61	190.87	169.85	29.43	154.93	0.696235	300.5	0.000015	0.000017
33	178.95	206.3	196	174.95	28.98	160.05	0.729174	300.5	0.000015	0.000017
34	182.84	211.08	201.38	180.53	28.98	164.96	0.785028	300.5	0.000016	0.000017
35	187.87	212.22	204.88	189.12	28.98	169.52	0.885278	300.5	0.000017	0.000017

Tabel Data Sampel Kuningan Pakai Mekanik Heater Nozzel

No	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	ΔT		L(mm)	α Perc	α Teori
						Rata2(°C)	ΔL(mm)			
1	28.7	30.21	30.05	29.93	30.22	0.7	0.020261	300	0.000094	0.000019
2	32.4	36.06	34.78	32.69	30.22	5	0.063225	300	0.000042	0.000019
3	36.92	42.62	40	36.59	30.45	10	0.089004	300	0.00003	0.000019
4	41.74	48.7	45.434	40.27	30.22	15	0.127672	300	0.000028	0.000019
5	46.32	54.78	51.12	44.17	30.22	20	0.150586	300	0.000025	0.000019
6	50.91	60.86	56.56	47.85	30.45	25	0.184958	300	0.000025	0.000019
7	55.5	66.48	62.24	51.76	30.22	30	0.212169	300	0.000024	0.000019
8	60.32	72.33	68.16	55.8	30.22	35	0.232219	300	0.000022	0.000019
9	64.9	77.95	73.37	60.03	30.22	40	0.262294	300	0.000022	0.000019
10	69.49	83.57	79.04	63.94	30.22	45	0.292369	300	0.000022	0.000019
11	74.31	89.18	84.96	67.61	30.22	50	0.310987	300	0.000021	0.000019
12	78.9	94.8	90.64	71.75	30.22	55	0.332469	300	0.00002	0.000019
13	83.71	101.12	96.56	75.66	30.22	60	0.341062	300	0.000019	0.000019
14	87.84	106.45	101.77	79.79	30.22	65	0.33963	300	0.000017	0.000019
15	92.42	112.11	107.45	83.93	30.45	70	0.363976	300	0.000017	0.000019
16	97.7	117.73	113.13	88.29	30.22	75	0.382594	300	0.000017	0.000019
17	102.05	123.34	118.34	92.6	30.2	80	0.408373	300	0.000017	0.000019
18	106.41	128.96	123.78	97.02	30.45	85	0.418398	300	0.000016	0.000019
19	111	134.34	129.46	101.39	30.45	90	0.445609	300	0.000016	0.000019
20	115.58	139.49	135.15	105.76	30.45	95	0.45993	300	0.000016	0.000019
21	120.86	145.34	140.35	110.12	30.22	100	0.482845	300	0.000016	0.000019
22	125.22	150.49	145.8	114.49	30.22	105	0.505759	300	0.000016	0.000019
23	129.8	155.87	151	119.08	30.45	110	0.521513	300	0.000016	0.000019
24	134.62	161.49	156.45	123.68	30.45	115	0.548724	300	0.000016	0.000019
25	139.21	166.87	161.66	128.28	30.45	120	0.574502	300	0.000016	0.000019
26	144.02	172.02	167.1	132.87	30.45	125	0.601713	300	0.000016	0.000019
27	148.38	177.17	172.78	137.7	30.22	130	0.628924	300	0.000016	0.000019

28	152.74	183.01	177.75	142.75	30.45	135	0.65327	300	0.000016	0.000019
29	158.01	186.29	182.25	149.42	30.45	140	0.693371	300	0.000017	0.000019

Tabel Data 1 Sampel Aluminium Pakai Mekanik Heater Infra Red

No	T1(°C)	T1(°C)2	T1(°C)3	T1(°C)4	T1(°C)5	ΔT Rata2(°C)	ΔL (mm)	L0(mm)	Koef
1	29.4	29.5	29.1	29.7	29.3	0.4	0.013	74	0.00045
2	33.3	34.9	35.3	33.6	33.5	5.1	0.014	74	0.000039
3	37.4	39.8	40.9	38.9	37.8	10.0	0.016	74	0.000022
4	42.0	44.7	47.3	44.4	42.0	15.1	0.024	74	0.000022
5	46.6	49.9	52.5	49.5	46.4	20.0	0.030	74	0.000021
6	51.1	55.0	58.2	54.7	50.5	24.9	0.046	74	0.000025
7	56.2	59.9	63.4	60.5	54.9	30.0	0.052	74	0.000023
8	61.2	65.3	68.9	65.8	59.5	35.1	0.068	74	0.000026
9	65.8	70.5	74.3	71.1	63.9	40.1	0.074	74	0.000025
10	70.4	75.8	79.3	76.1	68.1	44.9	0.080	74	0.000024
11	75.5	81.0	84.7	81.2	72.7	50.0	0.092	74	0.000025
12	80.5	86.4	89.9	86.5	77.3	55.1	0.107	74	0.000026
13	85.3	91.5	94.9	91.3	81.9	60.0	0.120	74	0.000027
14	90.4	97.1	100.4	96.1	87.0	65.2	0.136	74	0.000028
15	95.2	102.5	105.1	100.5	91.8	70.0	0.150	74	0.000029
16	100.2	107.7	110.5	105.5	96.9	75.2	0.170	74	0.000031
17	105.3	112.8	115.5	110.1	102.0	80.1	0.170	74	0.00003
18	110.3	118.2	119.3	114.7	107.1	84.9	0.189	74	0.00003
19	115.4	123.1	124.3	120.0	112.1	90.0	0.202	74	0.00003
20	120.2	128.3	129.5	125.1	117.2	95.0	0.212	74	0.00003
21	125.5	133.4	134.4	129.4	122.7	100.1	0.223	74	0.00003
22	130.3	138.3	139.4	134.5	127.6	105.0	0.243	74	0.000031
23	135.1	143.5	144.4	139.5	132.2	109.9	0.243	74	0.00003
24	140.1	148.2	149.3	145.3	137.5	115.1	0.260	74	0.000031
25	145.2	153.1	154.6	150.6	142.4	120.1	0.283	74	0.000032
26	150.2	158.7	159.5	154.9	146.7	125.0	0.296	74	0.000032
27	154.8	162.9	164.7	160.7	152.0	130.0	0.298	74	0.000031
28	159.8	167.8	169.5	165.7	157.1	135.0	0.319	74	0.000032
29	164.7	173.4	175.4	170.8	162.7	140.4	0.333	74	0.000032
30	169.0	178.3	180.6	175.6	167.3	145.2	0.343	74	0.000032
31	174.3	183.7	185.6	180.2	171.9	150.1	0.356	74	0.000032

Tabel Data 2 Sampel Almunium Pakai Mekanik Heater Infra Red

No	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	ΔT Rata2(°C)	ΔL (mm)	L0(mm)	Koef	Koef Teori
1	30.3	30.6	30.4	30.7	29.4	1.2	0.013	74	0.000139	0.000025
2	34.0	34.3	34.6	34.9	32.4	5.0	0.017	74	0.000047	0.000025
3	38.5	39.5	40.5	40.6	36.3	10.0	0.025	74	0.000033	0.000025
4	43.2	44.8	46.0	46.0	40.8	15.0	0.035	74	0.000031	0.000025
5	47.4	49.5	51.4	51.2	45.2	20.0	0.043	74	0.000029	0.000025
6	57.1	59.7	61.8	61.9	54.6	30.0	0.060	74	0.000027	0.000025
7	62.1	64.6	67.2	67.1	59.0	35.0	0.068	74	0.000026	0.000025
8	67.3	70.1	72.7	72.6	64.2	40.4	0.075	74	0.000025	0.000025
9	72.0	75.1	77.9	77.5	68.9	45.3	0.076	74	0.000023	0.000025
10	76.9	79.8	83.1	82.2	73.6	50.1	0.088	74	0.000024	0.000025
11	81.6	85.2	88.0	87.2	78.1	55.0	0.102	74	0.000025	0.000025
12	86.6	90.2	93.0	92.2	83.0	60.0	0.106	74	0.000024	0.000025
13	91.6	95.7	98.2	96.9	87.9	65.0	0.115	74	0.000024	0.000025
14	96.5	100.6	102.9	101.6	92.9	69.9	0.133	74	0.000026	0.000025
15	101.5	105.8	107.8	106.5	98.1	74.9	0.139	74	0.000025	0.000025
16	106.7	111.1	112.8	111.5	103.5	80.1	0.151	74	0.000025	0.000025
17	111.6	116.0	117.7	116.2	108.5	85.0	0.158	74	0.000025	0.000025
18	116.6	121.2	122.4	120.9	113.6	90.0	0.174	74	0.000026	0.000025
19	122.1	125.5	127.6	125.6	119.1	95.0	0.184	74	0.000026	0.000025
20	127.0	130.9	132.8	130.8	124.0	100.1	0.188	74	0.000025	0.000025
21	132.0	135.9	138.0	135.3	129.2	105.1	0.204	74	0.000026	0.000025
22	136.9	140.9	142.7	140.0	134.4	110.0	0.206	74	0.000025	0.000025
23	141.9	146.1	147.7	144.7	139.6	115.0	0.224	74	0.000026	0.000025
24	147.1	151.0	152.6	149.4	144.8	120.0	0.232	74	0.000026	0.000025
25	151.8	156.2	157.8	154.4	150.0	125.0	0.248	74	0.000027	0.000025
26	157.0	161.2	162.8	158.8	155.1	130.0	0.247	74	0.000026	0.000025
27	162.2	166.4	167.7	163.8	160.3	135.1	0.265	74	0.000027	0.000025
28	166.9	170.9	172.7	168.5	165.5	139.9	0.268	74	0.000026	0.000025
29	171.9	176.1	177.8	173.7	170.7	145.1	0.279	74	0.000026	0.000025
30	176.9	181.1	182.8	178.4	175.9	150.0	0.301	74	0.000027	0.000025

Tabel Data 3 Sampel Almunium Pakai Mekanik Heater Infra Red

No	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	ΔT Rata2(°C)	ΔL (mm)	L0(mm)	Koef	Koef Teori
1	47.4	50.0	50.4	52.0	45.9	20.1	0.033	74	0.000022	0.000025
2	51.9	54.9	55.4	57.4	50.6	25.1	0.037	74	0.00002	0.000025
3	61.6	64.9	66.0	68.4	60.0	35.2	0.049	74	0.000019	0.000025
4	66.3	69.8	70.9	73.3	64.7	40.0	0.050	74	0.000017	0.000025

5	71.2	75.1	76.1	78.5	69.7	45.1	0.056	74	0.000017	0.000025
6	75.9	79.8	81.1	83.7	74.1	49.9	0.062	74	0.000017	0.000025
7	80.6	85.0	86.3	88.7	79.1	54.9	0.069	74	0.000017	0.000025
8	85.9	89.9	91.2	93.9	84.0	60.0	0.076	74	0.000017	0.000025
9	91.3	95.7	96.9	96.9	89.9	65.1	0.085	74	0.000018	0.000025
10	97.3	99.4	100.6	100.6	97.1	70.0	0.098	74	0.000019	0.000025
11	102.2	105.1	105.6	105.8	101.5	75.0	0.106	74	0.000019	0.000025
12	106.4	110.6	111.0	112.0	105.2	80.1	0.116	74	0.00002	0.000025
13	110.4	115.5	116.2	117.9	109.4	84.9	0.118	74	0.000019	0.000025
14	114.9	120.5	121.4	123.4	114.4	89.9	0.125	74	0.000019	0.000025
15	120.1	125.0	126.1	128.6	119.6	94.9	0.139	74	0.00002	0.000025
16	125.3	129.7	131.6	133.8	125.0	100.1	0.145	74	0.00002	0.000025
17	130.5	134.4	136.5	138.5	130.2	105.0	0.151	74	0.000019	0.000025
18	135.2	139.4	141.7	143.5	135.1	110.0	0.148	74	0.000018	0.000025
19	140.2	144.1	146.7	148.7	140.6	115.0	0.156	74	0.000018	0.000025
20	144.9	150.0	151.6	153.4	145.3	120.0	0.172	74	0.000019	0.000025
21	149.6	156.0	156.8	158.4	150.2	125.2	0.174	74	0.000019	0.000025
22	154.3	161.0	161.8	163.3	155.1	130.1	0.175	74	0.000018	0.000025
23	159.3	165.9	166.7	168.3	160.3	135.1	0.186	74	0.000019	0.000025
24	164.7	170.1	171.9	173.7	165.5	140.2	0.194	74	0.000019	0.000025
25	169.4	175.1	177.4	178.7	170.2	145.2	0.206	74	0.000019	0.000025
26	173.9	179.8	182.3	183.4	175.2	149.9	0.219	74	0.00002	0.000025

Tabel Data 4 Sampel Aluminium Pakai Mekanik Heater Infra Red

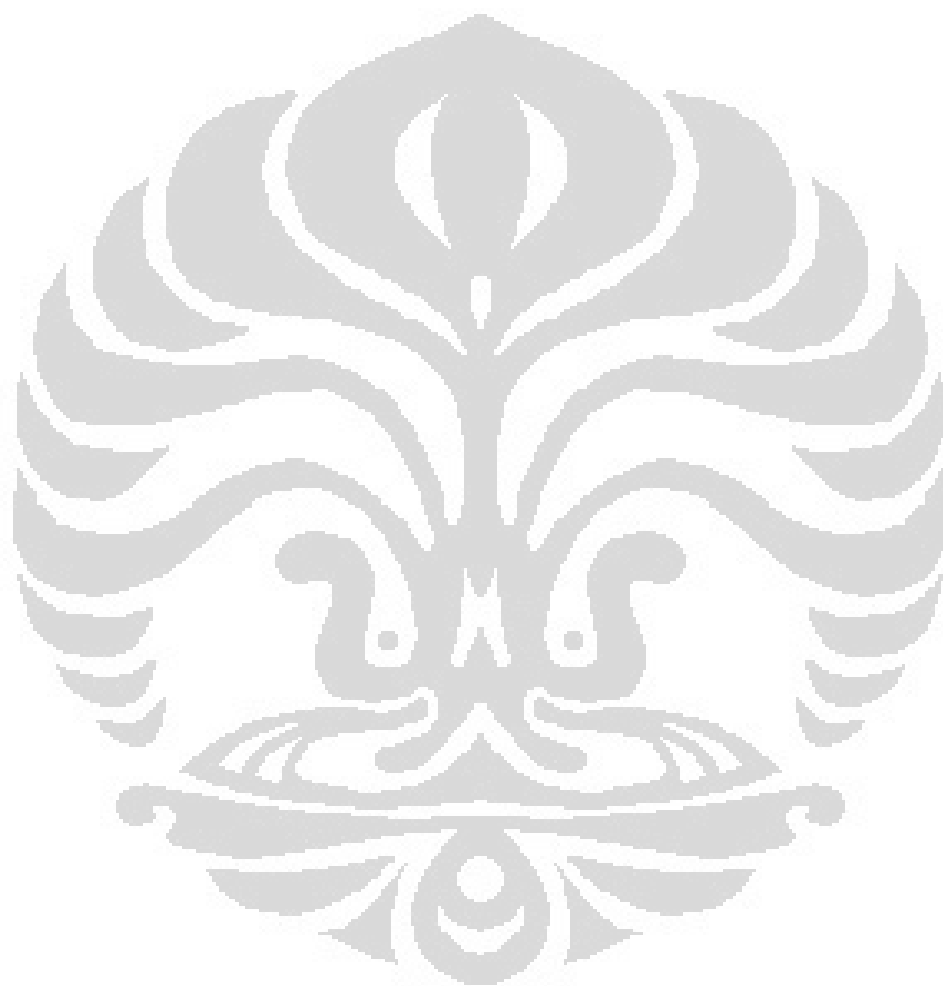
No	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	ΔT Rata2(°C)	ΔL (mm)	L0(mm)	Koef	Koef Teori
1	33.3	33.1	33.1	32.2	31.9	3.7	0.022	74	0.000079	0.000025
2	34.8	34.6	35.1	33.9	33.1	5.3	0.023	74	0.000059	0.000025
3	39.0	39.8	40.5	39.1	36.8	10.0	0.025	74	0.000033	0.000025
4	43.7	44.8	46.0	44.8	41.0	15.0	0.029	74	0.000026	0.000025
5	48.4	50.0	51.4	50.3	45.2	20.1	0.035	74	0.000023	0.000025
6	53.4	55.2	56.8	55.7	49.9	25.2	0.043	74	0.000023	0.000025
7	57.8	60.2	62.3	60.9	54.3	30.1	0.049	74	0.000022	0.000025
8	62.5	65.4	67.5	66.4	58.5	35.1	0.059	74	0.000023	0.000025
9	67.3	70.1	72.9	71.6	63.0	40.0	0.065	74	0.000022	0.000025
10	72.2	75.3	78.4	76.5	67.7	45.0	0.078	74	0.000023	0.000025
11	77.2	80.5	83.3	82.0	72.4	50.1	0.085	74	0.000023	0.000025
12	82.4	85.5	88.5	86.7	77.1	55.0	0.096	74	0.000024	0.000025
13	87.1	90.7	93.5	91.9	82.3	60.1	0.118	74	0.000026	0.000025
14	92.3	95.7	98.7	96.6	87.2	65.1	0.126	74	0.000026	0.000025
15	97.0	100.9	103.4	101.8	92.4	70.1	0.133	74	0.000026	0.000025

16	102.0	105.8	108.1	106.8	97.6	75.0	0.146	74	0.000026	0.000025
17	107.2	110.8	113.0	111.5	102.8	80.1	0.163	74	0.000028	0.000025
18	111.9	115.8	118.0	116.5	108.2	85.1	0.171	74	0.000027	0.000025
19	116.6	120.7	122.9	121.2	113.6	90.0	0.181	74	0.000027	0.000025
20	122.1	125.7	127.9	125.9	118.6	95.0	0.186	74	0.000027	0.000025
21	126.5	130.9	132.8	131.1	124.0	100.1	0.202	74	0.000027	0.000025
22	131.7	136.1	138.0	135.8	129.0	105.1	0.216	74	0.000028	0.000025
23	136.7	141.6	143.0	140.5	134.1	110.2	0.226	74	0.000028	0.000025
24	141.4	146.3	147.7	145.5	139.1	115.0	0.231	74	0.000027	0.000025
25	146.4	151.5	152.9	150.2	144.5	120.1	0.248	74	0.000028	0.000025
26	151.6	156.5	157.8	155.1	149.5	125.1	0.252	74	0.000027	0.000025
27	156.0	161.7	162.8	159.8	154.4	129.9	0.257	74	0.000027	0.000025
28	161.0	166.7	167.9	164.8	159.6	135.0	0.267	74	0.000027	0.000025
29	165.7	171.6	173.1	169.8	165.0	140.1	0.281	74	0.000027	0.000025
30	170.4	176.4	178.8	174.5	170.2	145.1	0.290	74	0.000027	0.000025
31	175.4	181.1	184.3	179.7	175.2	150.1	0.304	74	0.000027	0.000025

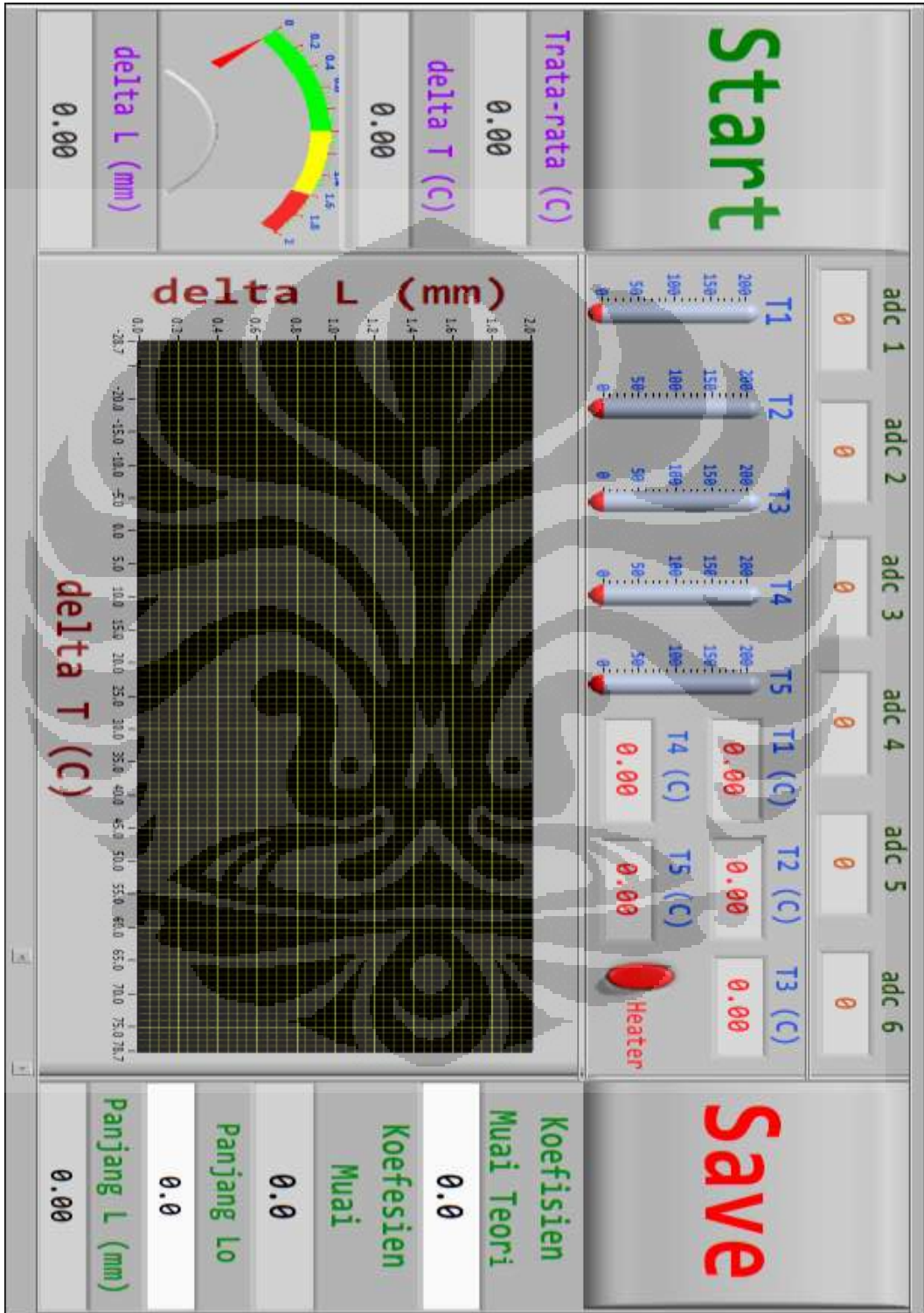
Tabel Data 5 Sampel Aluminium Pakai Heater Infra Red

No	T1(°C)	T2(°C)	T3(°C)	T4(°C)	T5(°C)	ΔT Rata2(°C)	$\Delta L(mm)$	L0(mm)	Koef	Koef Teori
1	33.8	34.8	35.1	34.6	32.6	5.2	0.013	74	0.000034	0.000025
2	38.0	39.8	41.0	39.8	36.3	10.0	0.022	74	0.000029	0.000025
3	42.7	45.0	46.9	45.5	40.3	15.1	0.032	74	0.000028	0.000025
4	47.2	50.0	52.6	50.5	44.5	20.0	0.029	74	0.00002	0.000025
5	52.1	54.9	58.3	56.2	48.9	25.1	0.036	74	0.000019	0.000025
6	56.8	59.9	63.5	60.9	53.4	29.9	0.053	74	0.000024	0.000025
7	61.8	65.1	69.2	66.4	57.8	35.1	0.069	74	0.000027	0.000025
8	66.5	70.1	74.4	71.3	62.5	40.0	0.076	74	0.000026	0.000025
9	71.5	75.1	79.4	76.5	67.7	45.0	0.079	74	0.000024	0.000025
10	76.4	80.0	84.3	81.7	72.9	50.1	0.093	74	0.000025	0.000025
11	81.1	85.0	89.3	86.7	78.1	55.0	0.103	74	0.000025	0.000025
12	86.1	90.2	94.0	91.4	83.0	59.9	0.116	74	0.000026	0.000025
13	91.3	95.7	98.9	96.4	88.2	65.1	0.132	74	0.000027	0.000025
14	96.3	100.9	103.6	101.3	93.4	70.1	0.143	74	0.000028	0.000025
15	101.2	105.8	108.3	106.3	98.6	75.0	0.162	74	0.000029	0.000025
16	106.2	110.6	113.0	111.2	104.0	80.0	0.163	74	0.000028	0.000025
17	111.1	115.5	117.7	116.2	109.2	85.0	0.175	74	0.000028	0.000025
18	116.4	120.7	122.4	121.4	114.4	90.1	0.191	74	0.000029	0.000025
19	121.8	125.5	127.1	126.4	119.6	95.1	0.204	74	0.000029	0.000025
20	127.0	130.4	131.6	131.6	124.8	100.1	0.214	74	0.000029	0.000025
21	132.0	135.9	136.0	136.8	129.9	105.1	0.222	74	0.000029	0.000025
22	137.2	141.1	141.0	141.0	135.1	110.1	0.231	74	0.000028	0.000025

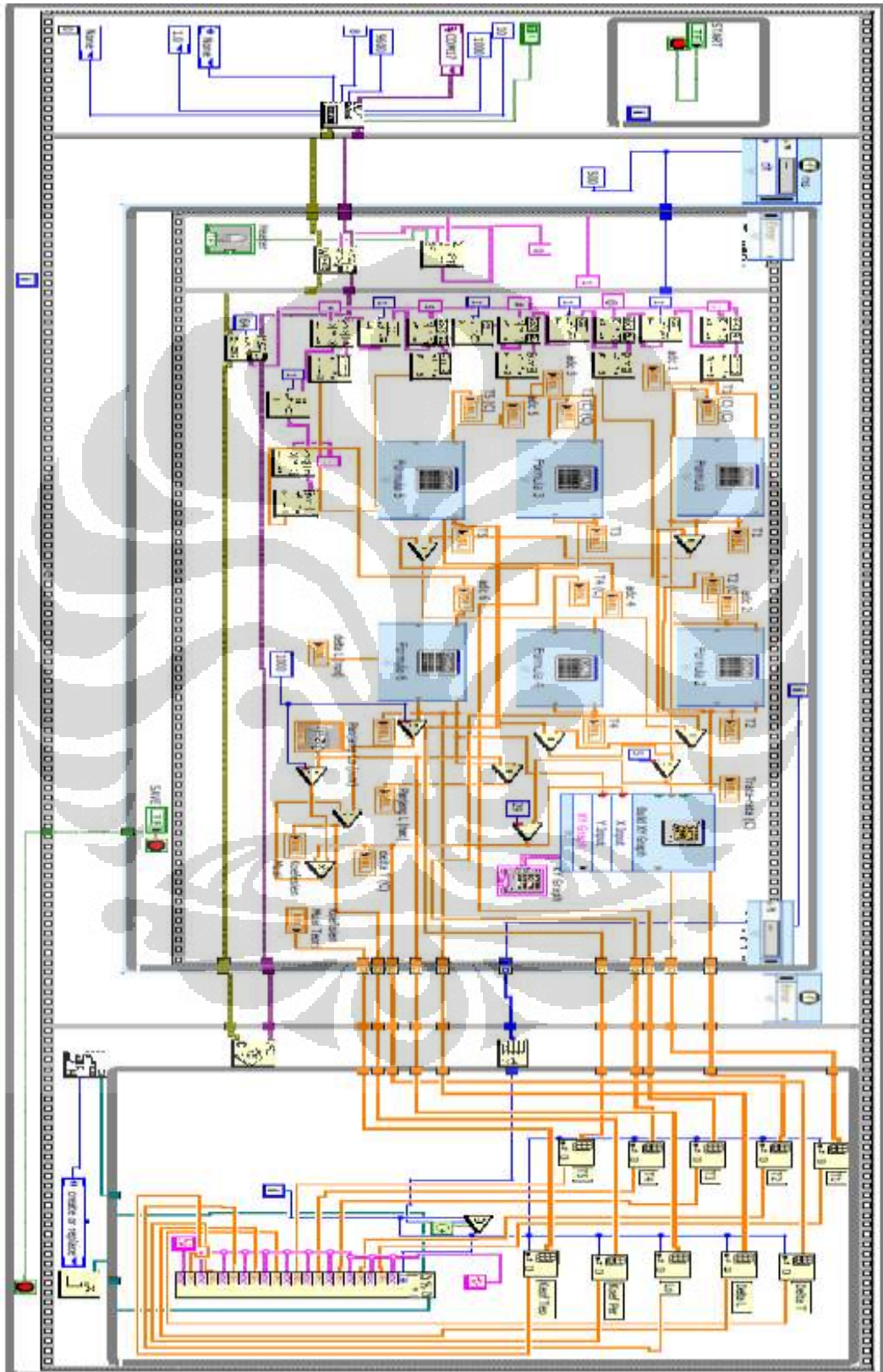
23	142.4	146.1	145.7	145.7	140.6	115.1	0.247	74	0.000029	0.000025
24	147.6	151.0	150.1	150.9	145.8	120.1	0.247	74	0.000028	0.000025
25	152.8	156.2	155.1	155.9	151.2	125.2	0.262	74	0.000028	0.000025
26	157.8	161.2	159.8	160.6	156.1	130.1	0.275	74	0.000029	0.000025
27	162.7	166.2	164.7	165.3	161.3	135.0	0.279	74	0.000028	0.000025



Front Panel LabView



Blok Diagram LabVIEW



Program Bascom Mikrokontroler ATmega 8535

\$regfile = "m8535.dat"

\$crystal = 8000000

\$baud = 9600

Config Adc = Single , Prescaler = Auto

Start Adc

Dim Bufferserial As Byte

Dim Dataadc1 As Word , Dataadc2 As Word , Dataadc3 As Word , Dataadc4 As Word , Dataadc5 As Word , Dataadc6 As Word

Declare Sub Getsendadc

Relay Alias Portc.0

Config Relay = Output

Termo1 Alias 0

Termo2 Alias 1

Termo3 Alias 2

Termo4 Alias 3

Termo5 Alias 4

Muai Alias 5

Do

Bufferserial = Inkey()

If Bufferserial <> 0 Then

If Bufferserial = "0" Then

Relay = 0

Getsendadc

Elseif Bufferserial = "1" Then

Relay = 1

Getsendadc

End If

End If

Loop

Sub Getsendadc

Dataadc1 = Getadc(termo1)

Dataadc2 = Getadc(termo2)

Dataadc3 = Getadc(termo3)

Dataadc4 = Getadc(termo4)

Dataadc5 = Getadc(termo5)

Dataadc6 = Getadc(muai)

Print Dataadc1 ; ";" ; Dataadc2 ; "@" ; Dataadc3 ; "#" ; Dataadc4 ; "\$" ;

Dataadc5 ; "*" ; Dataadc6 ; ":"

End Sub