



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR DAYA HANTAR KALOR  
SECARA OTOMATIS**

**SKRIPSI**

**SUBHAN  
0606040122**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN FISIKA  
PROGRAM SARJANA EKSTENSI FISIKA  
DEPOK  
JUNI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR DAYA HANTAR KALOR  
SECARA OTOMATIS**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana**

**SUBHAN  
0606040122**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN FISIKA  
PROGRAM SARJANA EKSTENSI FISIKA  
KEKHUSUSAN INSTRUMENTASI  
DEPOK  
JUNI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

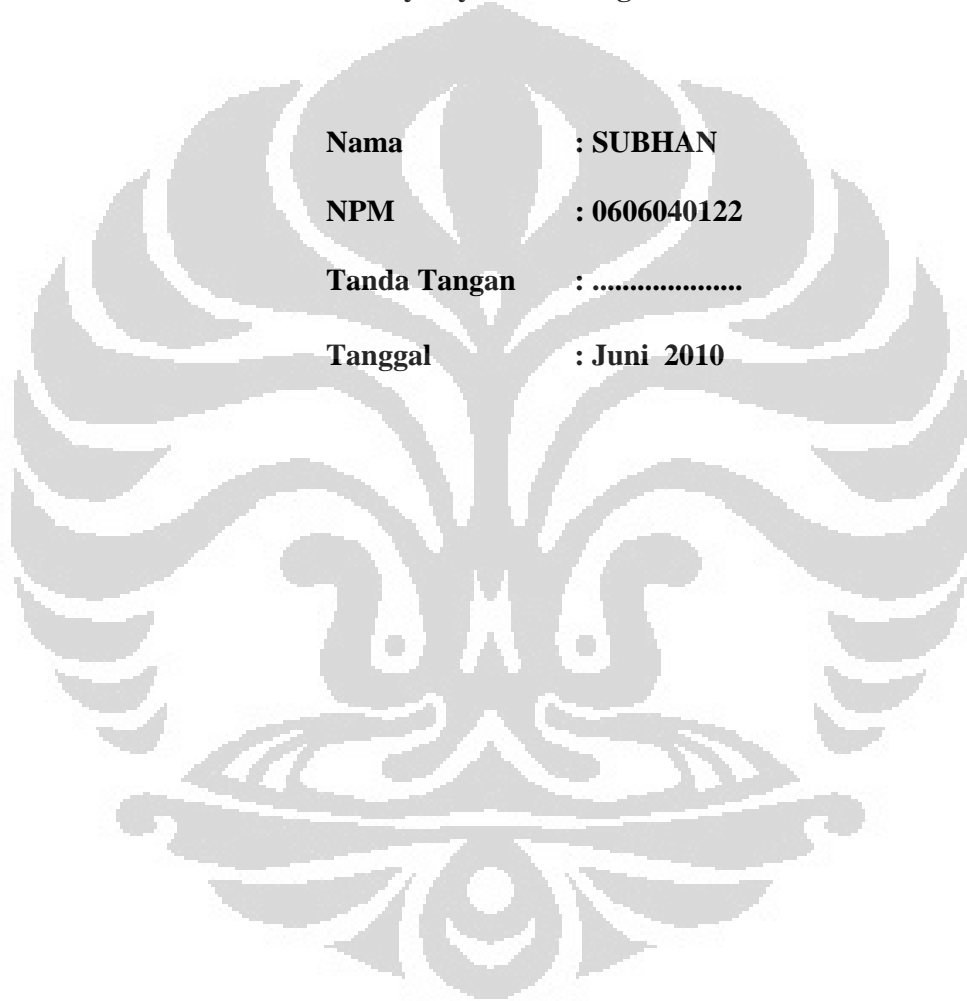
**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : SUBHAN**

**NPM : 0606040122**

**Tanda Tangan : .....**

**Tanggal : Juni 2010**



## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Subhan  
NPM : 0606040122  
Program Studi : Fisika  
Judul Skripsi : Rancang Bangun Alat Ukur Daya Hantar Kalor Secara Otomatis

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Prawito ( )

Pembimbing II : Drs. Arief Sudarmaji, M.T ( )

Penguji I : Dr. Sastra Kusuma Wijaya ( )

Penguji II : Lingga Hermanto, M.Si ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2010

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN ALAT UKUR DAYA HANTAR KALOR SECARA OTOMATIS” bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan Program Sarjana Fisika Instrumentasi Elektronika, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

Dengan terselesaikannya penelitian dan laporan skripsi ini, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pelaksanaan dan penyelesaiannya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada :

1. Allah SWT atas segala kuasa-Nya.
2. Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing 1, atas semua waktu, motivasi dan solusi alternatif terbaik yang sangat membantu selama pembuatan dan penyelesaian penelitian ini.
3. Bpk. Drs. Arief Sudarmaji, M.T., selaku dosen pembimbing 2, yang telah memberikan waktu luangnya selama proses penyelesaian alat, juga bimbingan, koreksi dan diskusi yang bermanfaat selama penyelesaian penelitian ini.
4. Seluruh Dosen Fisika FMIPA yang telah memberikan ilmunya serta seluruh staf dan karyawan yang telah membantu kepada penulis.
5. Alm Mame dan Ibu tercinta, dengan segala keikhlasan, kesabaran, semangat juga doa yang tak henti-hentinya selalu dipanjatkan dalam setiap kata dan doa.
6. Kakak, adik serta keponakanku yang selalu menyemangati dan memberikan motivasi
7. Seluruh teman-teman seperjuangan selama kuliah dan yang selalu memberikan dan menguatkan semangat dalam menyelesaikan penelitian ini.
8. Seluruh rekan-rekan Fisika Ekstensi angkatan 2006.

9. Seluruh Staff Mahkamah Pelayaran Kementerian Perhubungan
10. Semua pihak yang secara tidak langsung ikut terlibat dalam pembuatan tugas akhir ini yang tidak saya sebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan dibalas di kemudian hari.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan, kesalahan dan jauh dari kata sempurna dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini. Besar harapan penulis kepada semua pihak untuk dapat memberikan saran dan kritik yang bersifat membangun sebagai dasar kuat agar selanjutnya dapat membuat skripsi yang lebih baik. Terima kasih, semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Depok, Juni 2010

Penulis

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

---

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

Nama : Subhan  
NPM : 0606040122  
Program Studi : Ekstensi S1 Instrumentasi Elektronika  
Departemen : Fisika  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

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

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR DAYA HANTAR KALOR SECARA  
OTOMATIS**

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti koneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 : Juni 2010  
Yang menyatakan

(Subhan)

## ABSTRAK

Nama : Subhan  
Program Studi : Ekstensi S1 Instrumentasi Elektronika  
Judul : Rancang Bangun Alat Ukur Daya Hantar Kalor Secara Otomatis

Praktikum daya hantar kalor merupakan salah satu praktikum pada mata kuliah fisika kalor. Waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan praktikum ini terhitung lama, yaitu sekitar 2 hingga 4 jam. Faktor penyebabnya adalah proses penyiapan alat-alat sebelum praktikum, dan pengaturan kerja alat-alat selama praktikum berlangsung, dimana alat-alat tersebut masih dioperasikan secara manual. Selain itu, proses pengambilan data berupa waktu dan suhu masih dilakukan secara manual. Sebagai akibatnya, banyak terjadi pengambilan data yang tidak akurat dan tentunya sangat mempengaruhi hasil akhir dari percobaan. Permasalahan ini melatarbelakangi penulisan skripsi ini. Dengan merancang sebuah alat yang dapat mengukur parameter-parameter berupa suhu dan waktu pada proses peraktikum pengantaran kalor, di mana pada alat tersebut terdapat sebuah mikrokontroler dan sensor temperature sehingga dapat diambil data berupa suhu dan waktu secara otomatis dan lebih akurat. Data yang diperoleh dapat diolah dengan menggunakan mikrokontroler untuk mendapatkan nilai koefisien konduktifitas dari material yang digunakan.



## ABSTRAC

Name : Subhan  
Study Program : Ekstention S1 Instrumentation electronics  
Title : Design of Automatic Calor Conductivity Device.

Calor conductivity lab practice is one of lab practices in calor physic course. Time that is needed to conduct this practice is about 2 to 4 hours. Preparing the devices before doing lab practice and setting up that device during lab practice, which is still operated manually, is the source of the problems. Beside of that, process of acquiring the data of time and temperature is also conducted manually. As the result, data from that practice are lack in the term of accuracy, and of course it will impact the conclusion as the final result of a lab practice. This problem is a background of this research. By designing a device that can measure parameters such us temperature and time in calor conductivity lab practice, in which that device equipped with a microcontroller and thermal sensor, data that is acquired automatically will be more accurate. For further, that data can be processed by using microcontroller to get the value of coefficient of conductivity of the material that is tested.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	1
1.3 Metode Penelitian .....	2
1.4 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2. TEORI DASAR.....</b>	<b>4</b>
2.1 Dasar Perpindahan Kalor .....	4
2.2.1 Sensor Temperatur.....	4
2.2 Kalor .....	6
2.3 Asas Black .....	7
2.4 Sensor .....	8
2.4.1 Sensor Temperatur.....	9
2.5 Mikrokontroler AVR.....	12
2.6 ADC (Analog to Digital Converter).....	16
2.7 Motor DC .....	17
2.7.1 Prinsip Kerja Motor DC .....	18
2.7.2 Membalik Arah Putaran Motor DC.....	19
2.7.3 Cara Mempercepat Putaran Motor DC.....	20

2.8	Catu Daya.....	21
2.9	Limit Switch .....	22
<b>BAB 3. RANCANGAN SISTEM .....</b>		<b>23</b>
3.1	Gambaran Umum Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas .....	23
3.2	Blok Diagram .....	23
3.3	Rancangan Sistem Secara Mekanik .....	25
3.4	Rancangan Sistem Secara Hardware.....	26
3.4.1	Rancangan Rangkaian Microcontroller .....	27
3.4.1	Rancangan Rangkaian Sensor Temperatur.....	29
3.4.2	Motor DC.....	30
3.5	Rancangan Program Untuk Mikrokontroler.....	30
3.4.1	Flowchart Program Utama .....	32
<b>BAB 4. ANALISA DAN PENGAMATAN.....</b>		<b>40</b>
4.1	Pengujian Mekanik.....	40
4.2	Pengujian Sensor LM35 .....	41
4.3	Pengujian Keypad .....	44
4.4	Pengujian Suhu Kesetimbangan.....	48
4.5	Pengujian Nilai Gradien.....	50
4.6	Pengujian Nilai Konduktivitas Panas.....	53
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>56</b>
5.1	Kesimpulan.....	56
5.2	Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>58</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan Penerima dan Pemberi Kalor Dimana Besar Suhu $T^2$ $T^1$ Dengan Jarak Keduanya Sejauh d .....	5
Gambar 2.3 Bentuk Fisik LM35 .....	6
Gambar 2.4 Grafik Akurasi LM35 Terhadap Suhu .....	11
Gambar 2.5 Konfigurasi Pin AVR ATmega32 .....	13
Gambar 2.6 Kaidah Tangan Kanan.....	18
Gambar 2.7 Posisi Awal Gerakan Motor.....	19
Gambar 2.8 Dasar Pengaturan Arah Putaran Motor .....	20
Gambar 2.9 Pengaturan Putaran Arah Motor Menggunakan Saklar .....	20
Gambar 3.0 Setting SSR .....	22
Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas Pada Benda .....	24
Gambar 3.2 Rancang Bangun Alat Ukur Daya Hantar Kalor Secara Otomatis .....	26
Gambar 3.3 Rangkaian Minimum System.....	27
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor Temperatur .....	29
Gambar 3.5 Rangkaian Driver Motor DC.....	30
Gambar 3.6 Flow Chart Program Awal .....	32
Gambar 3.7 Flow Chart Program Pengaturan Menu .....	34
Gambar 3.8 Flow Chart Program Hasil .....	38
Gambar 3.9 Flow Chart Program Data .....	39
Gambar 4.1 Rancang Bangun Alat Ukur Daya Hantar Kalor Secara Otomatis .....	41
Gambar 4.2 Percobaan Mengukur Nilai temperatur Yang Terbaca Oleh LM35 terhadap Tegangan .....	42
Gambar 4.3 Grafik Hasil Suhu LM35 Terhadap Tegangan.....	43
Gambar 4.4 Percobaan Mengukur Nilai temperatur Yang Terbaca Oleh LM35 terhadap temperatur Termometer .....	43

Gambar 4.5 Grafik Hasil Suhu LM35 Terhadap Termometer.....	44
Gambar 4.6 Hubungan Push Button Dengan Wiring.....	45
Gambar 4.7 Grafik Temperatur Kesetimbangan.....	48
Gambar 4.8 Grafik Temperatur Kesetimbangan.....	50
Gambar 4.9 Grafik Suhu Setelah Menambahkan Kalor Sebesar 3 C .....	51
Gambar 4.10 Grafik Suhu Setelah Menambahkan Kalor Sebesar 3 C .....	52

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel Konduktivitas Termal Untuk Beberapa Jenis logam .....	6
Tabel 2.2. Tabel Alternatif Fungsi Port A .....	14
Tabel 2.3. Tabel Alternatif Fungsi Port B.....	14
Tabel 2.4. Tabel Alternatif Fungsi Port C.....	15
Tabel 2.5. Tabel Alternatif Fungsi Port D .....	15
Tabel 4.1. Data Keypad 4x4 .....	45
Tabel 4.2. Data Tampilan Keypad Pada LCD .....	46
Tabel 4.3. Tabel Kesetimbangan Thermal.....	47
Tabel 4.4. Tabel Kesetimbangan Thermal.....	49
Tabel 4.5. Pengambilan Data Temperatur Setelah Menambahkan 3C .....	50
Tabel 4.6. Pengambilan Data Temperatur Setelah Menambahkan 3C .....	52
Tabel 4.7. Pengujian Nilai Konduktivitas Panas.....	53
Tabel 4.8. Pengujian Nilai Konduktivitas Panas.....	53

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengukuran, pemantauan dan tampilan nilai suhu adalah bagian sistem yang seringkali dibutuhkan di lingkungan, dalam suatu sistem elektronika, maupun dalam industri. Namun pembuatan alat ini dilatarbelakangi karena sensor temperatur merupakan salah satu sistem yang penting untuk memantau dan memberikan informasi mengenai temperatur di suatu tempat

Temperatur merupakan informasi yang sangat penting dalam menentukan kondisi cuaca pada suatu daerah. Banyak hal bergantung pada kondisi temperatur. Makhhluk hidup pun sangat bergantung pada kondisi temperatur daerah yang di tempatinya. Aplikasi ini berfungsi untuk mendeteksi temperatur pada suatu tempat. Sensor temperatur lingkungan dengan output digital adalah sebuah alat yang mampu mengukur suhu dengan tingkat keakurasian yang cukup baik, mudah digunakan, dan dapat dengan luas diterapkan. Keluarannya yang berupa data digital memudahkan dalam penghitungan temperatur sekitar, dibanding pengukuran data secara analog.

Dari sistem pengukuran ini masih banyak dilakukan secara manual sehingga kendala yang terjadi adalah ketidak akuratan hasil pengukuran tersebut maka penulis mencoba melakukan penelitian dengan membuat rancang bangun alat ukur daya hantar kalor secara otomatis sehingga dapat meminimalisasi terjadinya ketidak akuratan dalam pengukuran

### **1.2 Tujuan Penelitian**

#### **1.2.1 Tujuan Umum**

Tugas akhir pembuatan sistem ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan program sarjana ekstensi fisika, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

#### **1.2.2 Tujuan Khusus**

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat instrument yang mampu mengukur nilai suhu kesetimbangan sehingga mendapatkan nilai koefisien

konduktivitas dari isolator dengan menggunakan sensor LM35 berbasis mikrokontroler.

### 1.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk mendukung penulisan ini dilakukan melalui 5 metode sebagai berikut :

1. Penelusuran Literatur

Merupakan langkah awal dalam melakukan penelitian ini. Yaitu penulis mengadakan studi literatur terhadap topik yang sedang diteliti dengan mengambil sumber dari buku-buku atau dari internet, serta mengumpulkan bahan-bahan yang ada hubungannya dengan masalah yang sedang diteliti. Metode ini sangat penting karena selain sebagai penuntun dalam teknik penulisan, juga berfungsi sebagai sumber kebenaran terhadap kaidah-kaidah bahasa yang digunakan agar pembaca benar-benar mengerti.

2. Perancangan alat

Metode ini merupakan tahap awal dalam pembuatan rancang bangun alat ukur daya hantar kalor secara otomatis.

3. Diskusi

Pada tahap ini penulis melakukan tanya jawab dengan dosen pembimbing dan rekan kerja mengenai kelebihan dan kekurangan dari rancangan perangkat keras. Diharapkan dengan adanya tanya jawab ini akan diperoleh suatu petunjuk, sehingga optimalisasi dari rancangan yang dibuat dapat terwujud.

4. Pembuatan alat dan program

Metode ini merupakan tindak lanjut dari tahap perancangan, yaitu untuk merealisasikan alat sesuai dengan tujuan dan alat yang telah dirangkai kemudian diuji. Pengambilan data dilakukan ketika alat telah beroperasi seperti yang direncanakan..

5. Metode analisis

Dalam metode ini dilakukan analisa semua data yang diperoleh dari berbagai kondisi yang terdapat pada sistem pengukuran baik perangkat keras maupun perangkat lunak. Dari analisa yang dilakukan dapat diambil kesimpulan untuk pengembangan lebih lanjut.

## **1.4 Sistematika Penulisan**

penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka skripsi ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu

### **BAB 1 Pendahuluan**

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari skripsi ini.

### **BAB 2 Teori Dasar**

Teori dasar berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam sistem monitoring

### **BAB 3 Perancangan Sistem**

Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari semua monitoring yang terlibat.

### **BAB 4 Pengujian Sistem dan Pengambilan Data**

Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal.

### **BAB 5 Penutup**

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



## BAB 2

### TEORI DASAR

Pada bab ini akan akan dibahas beberapa materi sebagai dasar teori dalam perancangan alat yang dibuat oleh penulis. Adapun teori-teori tersebut antara lain:

#### 2.1 Dasar Perpindahan Kalor

Perpindahan panas adalah proses dengan mana transport temperatur bila dalam suatu sistem tersebut terdapat beda temperatur, atau bila dua sistem yang temperaturnya berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan temperatur. Energi yang dipindahkan dinamakan kalor atau bahang atau panas (*Heat*). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya menjelaskan bagaimana kalor itu dipindahkan dari satu benda ke benda yang lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan kalor dan konduktivitas termal bahan. Perpindahan panas dapat terjadi melalui 4 cara, yaitu :

- Konduksi
- Konveksi
- Radiasi
- Evaporasi

##### 2.2.1 Konduksi

*Perpindahan dengan cara ini yaitu dengan cara bersinggungan langsung.* Energi yang diberikan oleh partikel konstituen seperti atom, molekul atau elektron bebas dari daerah yang lebih panas pada suatu benda ke daerah yang lebih dingin disebut Panas. Konduksi adalah suatu jenis perpindahan panas dimana perpindahan energi terjadi pada benda padat atau pada fluida yang diam (tidak ada perpindahan konveksi yang berasal dari perpindahan porsi makroskopik pada medium) dari daerah bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur rendah.

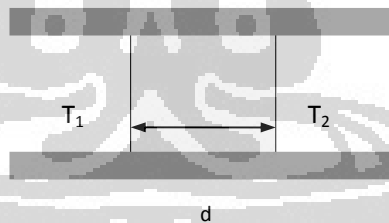
Laju aliran panas tidak dapat diukur secara langsung, tetapi konsepnya mempunyai arti fisik karena berhubungan dengan kuantitas skalar yang dapat diukur yaitu Temperatur. Distribusi temperatur  $T(r, t)$  pada benda merupakan fungsi dari posisi dan waktu, sehingga laju aliran panas pada benda akan dapat

dihitung berdasarkan hukum yang menghubungkan laju aliran panas dengan gradient temperatur. Laju aliran panas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain luas permukaan benda yang saling bersentuhan, perbedaan suhu awal antara kedua benda, dan konduktivitas panas dari kedua benda tersebut. Konduktivitas panas ialah tingkat kemudahan untuk mengalirkan panas yang dimiliki suatu benda. Setiap benda memiliki konduktivitas yang berbeda.

Hukum dasar yang memberikan hubungan antara laju aliran panas dengan gradient temperatur, berdasarkan observasi eksperimen, yang secara umum dinamakan setelah ahli Matematika dan Fisika dari Perancis Joseph Fourier yang menggunakannya dalam teori analisisnya tentang panas. Untuk material homogen, solid isotropic (contohnya: material yang konduktivitas termalnya tidak bergantung pada arah.

Jika pada suatu benda terdapat gradient temperatur, maka pada benda tersebut akan terjadi perpindahan energi dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Besarnya fluks kalor yang berpindah berbanding lurus dengan gradient temperatur pada benda tersebut.

Untuk penampang berupa bidang datar :



Gambar 2.1. Susunan penerima dan pemberi kalor dimana besar suhu  $T_2 > T_1$  dengan jarak keduanya sejauh  $d$

Konduktivitas termal untuk beberapa bahan :

Tabel 2.1. Tabel konduktivitas termal untuk beberapa jenis bahan

Bahan	k (W/m.C <sup>0</sup> )	Bahan	k (W/m.C <sup>0</sup> )
Berlian	2300	Besi	80.2
Perak	429	Kaca	0.78
Tembaga	401	Batu Bata	0.72
Emas	317	Kayu (oak)	0.17
Aluminium	237	Helium (g)	0.152

## 2.2 Kalor

Kalor didefinisikan sebagai energi panas yang dimiliki oleh suatu zat. Secara umum untuk mendeteksi adanya kalor yang dimiliki oleh suatu benda yaitu dengan mengukur suhu benda tersebut. Jika suhunya tinggi maka kalor yang dikandung oleh benda sangat besar, begitu juga sebaliknya jika suhunya rendah maka kalor yang dikandung sedikit. Dari hasil percobaan yang sering dilakukan besar kecilnya kalor yang dibutuhkan suatu benda(zat) bergantung pada 3 faktor :

1. massa zat
2. jenis zat (kalor jenis)
3. perubahan suhu

Bila sebuah benda memiliki perbedaan suhu di kedua ujungnya, maka akan terjadi perpindahan panas dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Perubahan panas  $dQ$  yang dipindahkan sepanjang  $d$  dalam jangka waktu  $dt$  (disebut juga sebagai laju panas) bergantung pada luas penampang  $A$  dan gradien suhu  $\partial T/\partial d$ :

$$\frac{dQ}{dt} = kA \frac{\partial T}{\partial d} \dots\dots\dots (2.1)$$

Bahan yang bersuhu  $T_2$  disebut penerima panas. Jika suhu penerima lebih tinggi dari suhu di sekelilingnya, maka bahan tersebut akan memancarkan kalor

persatuan waktu yang besarnya sama dengan, sehingga secara matematis dapat dirumuskan :

$$\frac{dQ}{dt} = mc \frac{dT}{dt} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- Q = kalor yang dibutuhkan (J)  
 m = massa penerima (gram)  
 c = massa jenis penerima (kal/g.K)  
 dT/dt = perubahan suhu (°C)

Kalor dapat dibagi menjadi 2 jenis

- Kalor yang digunakan untuk menaikkan suhu
- Kalor yang digunakan untuk mengubah wujud (kalor laten), persamaan yang digunakan dalam kalor laten ada dua macam  $Q = m.U$  dan  $Q = m.L$ . Dengan U adalah kalor uap (J/kg) dan L adalah kalor lebur (J/kg)

Dalam pembahasan kalor ada dua kosep yang hampir sama tetapi berbeda yaitu kapasitas kalor (H) dan kalor jenis (c)

Kapasitas kalor adalah banyaknya kalor yang diperlukan untuk menaikkan suhu benda sebesar 1 derajat celcius.

### 2.3 Asas Black

Menurut asas Black apabila ada dua benda yang suhunya berbeda kemudian disatukan atau dicampur maka akan terjadi aliran kalor dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang bersuhu rendah. Aliran ini akan berhenti sampai terjadi keseimbangan termal (suhu kedua benda sama). Secara matematis dapat dirumuskan :

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ terima}$$

Yang melepas kalor adalah benda yang suhunya tinggi dan yang menerima kalor adalah benda yang bersuhu rendah. Bila persamaan tersebut dijabarkan maka akan diperoleh :

$$Q \text{ lepas} = Q \text{ terima}$$

$$m_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_a) = m_2 \cdot c_2 \cdot (t_a - t_2) \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

Pada asas black benda yang bersuhu tinggi digunakan  $(t_1 - t_a)$  dan untuk benda yang bersuhu rendah digunakan  $(t_a - t_2)$ . Dan rumus kalor yang digunakan tidak selalu yang ada diatas bergantung pada soal yang dikerjakan.

#### 2.4 Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi/ mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya (Petruzella, 2001).

Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan secara elektronik berfungsi mengubah besaran fisik (misalnya : temperatur, gaya, kecepatan putaran) menjadi besaran listrik yang proposional. Sensor dalam teknik pengukuran dan pengaturan ini harus memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas yaitu :

a. Linieritas

Konversi harus benar-benar proposional, jadi karakteristik konversi harus linier.

b. Tidak tergantung temperatur

Keluaran konverter tidak boleh tergantung pada temperatur di sekelilingnya, kecuali sensor suhu.

c. Kepekaan

Kepekaan sensor harus dipilih sedemikian rupa, sehingga pada nilai-nilai masukan yang ada dapat diperoleh tegangan listrik keluaran yang cukup besar.

d. Waktu tanggapan

Waktu tanggapan adalah waktu yang diperlukan keluaran sensor untuk mencapai nilai akhirnya pada nilai masukan yang berubah secara mendadak. Sensor harus dapat berubah cepat bila nilai masukan pada sistem tempat sensor tersebut berubah.

e. Batas frekuensi terendah dan tertinggi

Batas-batas tersebut adalah nilai frekuensi masukan periodik terendah dan tertinggi yang masih dapat dikonversi oleh sensor secara benar. Pada kebanyakan aplikasi disyaratkan bahwa frekuensi terendah adalah 0Hz.

f. Stabilitas waktu

Untuk nilai masukan (input) tertentu sensor harus dapat memberikan keluaran (output) yang tetap nilainya dalam waktu yang lama.

g. Histerisis.

Gejala histerisis yang ada pada magnetisasi besi dapat pula dijumpai pada sensor. Misalnya, pada suatu temperatur tertentu sebuah sensor dapat memberikan keluaran yang berlainan.

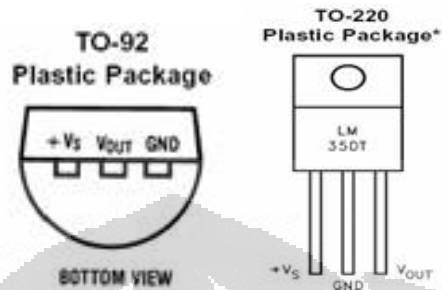
Empat sifat diantara syarat-syarat dia atas, yaitu linieritas, ketergantungan pada temperatur, stabilitas waktu dan histerisis menentukan ketelitian sensor (Link, 1993).

#### 2.4.1 Sensor Temperatur

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan.

Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan ke sensor adalah sebesar 5 volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60

$\mu\text{A}$  hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari  $0,5\text{ }^\circ\text{C}$  pada suhu  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .



Gambar 2.2. Bentuk Fisik LM 35

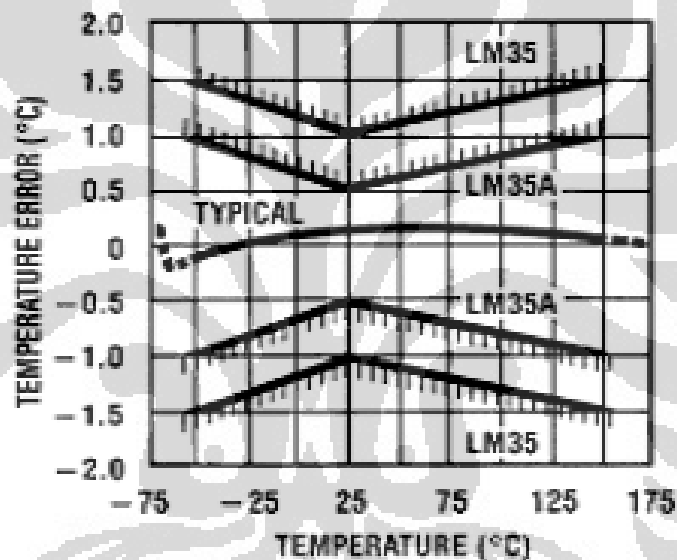
Gambar diatas menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah 3 pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau  $V_{out}$  dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} * 10 \text{ mV}/^\circ\text{C} \dots\dots\dots(2.6)$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu  $1\text{ }^\circ\text{C}$  akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV <sup>[1]</sup>. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar  $0,01\text{ }^\circ\text{C}$  karena terserap pada suhu permukaan tersebut. Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya. Berikut ini adalah karakteristik dari sensor LM35.

- Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu  $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ , sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.

- Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu  $0,5^{\circ}\text{C}$  pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  seperti terlihat pada gambar 2.2.
- Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara  $-55^{\circ}\text{C}$  sampai  $+150^{\circ}\text{C}$ .
- Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- Memiliki arus rendah yaitu kurang dari  $60\ \mu\text{A}$ .
- Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari  $0,1^{\circ}\text{C}$  pada udara diam.
- Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu  $0,1\ \text{W}$  untuk beban  $1\ \text{mA}$ .
- Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar  $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 2.3. Grafik Akurasi LM35 terhadap Suhu

Adapun beberapa kelebihan dari LM35 dari sensor temperature lain adalah:

- ▶ Hasil pengukuran lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan *thermistor*.
- ▶ Rangkain sensor tertutup dan tidak bergantung (tidak terpengaruh) pada oksidasi.



- ▶ LM35 menghasilkan tegangan keluaran lebih besar dibandingkan dengan *thermocouple* dan tegangan keluaran tidak perlu diperbesar.

## 2.5 Mikrokontroler AVR

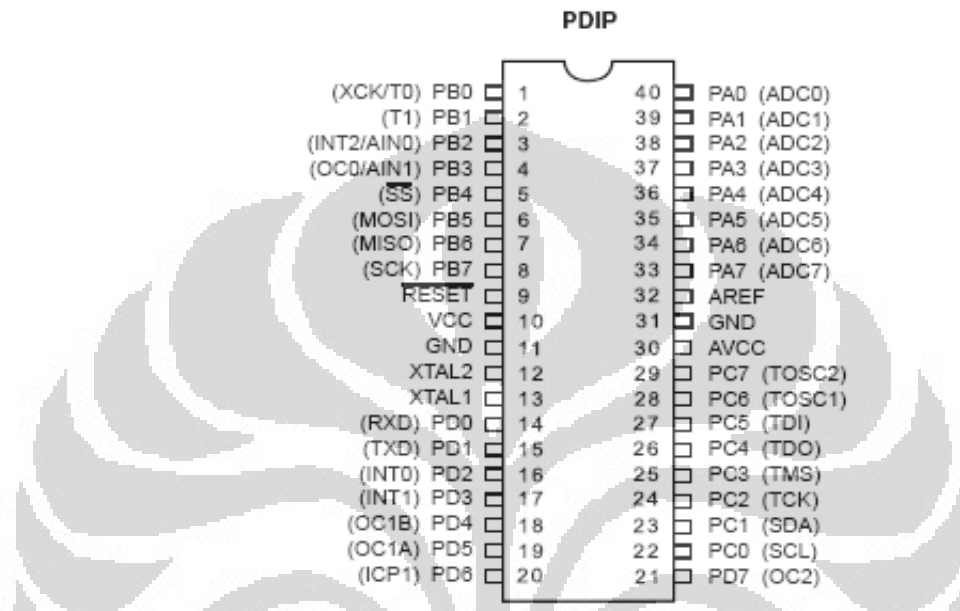
Mikrokontroler merupakan pengembangan lebih lanjut dari penggunaan mikroprosesor, dimana pada mikroprosesor membutuhkan ROM, RAM untuk membuat suatu alat sederhana, sedangkan dalam mikrokontroler piranti-piranti tersebut telah cukup lengkap terdapat padanya, bahkan ditambahkan beberapa keunggulan yang lain seperti adc dan memory yang lebih besar.

Inti dari AVR adalah mengkombinasikan rich instruction set dengan menggunakan kerja dari 32 register (general – purpose register). Keseluruhan register yang ada dapat digunakan sebagai Arithmetic Logic Unit (ALU – Accumulator), masing-masing dari register tersebut hanya memerlukan waktu eksekusi perintah selama satu clock. Hasil dari arsitektur tersebut membuatnya lebih cepat sepuluh kali dibandingkan dengan CISC microcontroller [5].

ATmega32 memiliki feature sebagai berikut: 32k bytes In-System Programmable Flash dengan kemampuan Read-While-Write. Memiliki adc yang bisa mengidera positif dan negative, 4kbytes EEPROM, 4kbytes SRAM, 32 fungsi umum I/O, Two-wire Serial Interface. Mikrokontroler ini diproduksi menggunakan teknologi “high density nonvolatile memory” on-chip ISP flash yang memungkinkan program yang ada di dalam memori dapat di reprogram in-system melalui serial interface SPI dengan menggunakan konvensional nonvolatile memory programmer atau on-chip boot program yang running pada inti AVR. Boot program dapat menggunakan interface apa saja untuk mendownload program pada memori flash. Software pada boot system akan tetap running ketika flash aplikasi ini sedang di update, hal ini merupakan operasi “read-while-write [5].

Mikrokontroler AVR (Alf and Vegard's Risc processor) standar memiliki arsitektur 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit, dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock. AVR berteknologi RISC (Reduced Instruction Set Computing), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC

(Complex Instruction Set Computing). AVR dapat dikelompokkan menjadi empat kelas, yaitu keluarga ATtiny, keluarga AT86RFxx, keluarga ATmega, dan keluarga AT86RFxx. Pada dasarnya, yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya.



Gambar 2.4. Konfigurasi pin AVR ATmega32

Penjelasan fungsi pin :


PA0-PA7 : Port A merupakan port I/O 8-bit bi-directional. Disamping itu port A juga dapat berfungsi sebagai analog input untuk ADC (table 2.1). Pin-pin pada port ini dapat diberi resistor pull-up internal secara individual. Buffer output port a memiliki karakteristik drive yang simetri antara high sink dan source capability, selain itu buffer port juga dapat mencatu arus hingga 20 mA dan dapat secara langsung men-drive LED. Jika semua pin digunakan sebagai input dan eksternal pullnya low, maka semua pin akan menghasilkan sumber arus jika internal pull-up resistor diaktifkan. Pin port A merupakan tri-state jika kondisi reset dalam keadaan aktif dan jika clock-nya tidak running.

Tabel 2.2. Alternatif fungsi Port A

Port Pin	Alternate Funtion
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC7 (ADC input channel 6)
PA5	ADC7 (ADC input channel 5)
PA4	ADC7 (ADC input channel 4)
PA3	ADC7 (ADC input channel 3)
PA2	ADC7 (ADC input channel 2)
PA1	ADC7 (ADC input channel 1)
PA0	ADC7 (ADC input channel 0)

PB0-PB7 : Port B merupakan port I/O 8-bit bi-directional, selain itu port B mempunyai fungsi selain sebagai I/O (table 2.2).

Tabel 2.3. Alternatif fungsi Port B

Port Pin	Alternate Funtion
PB7	SCK (SPI bus serial clock)
PB6	MISO (SPI bus master input/slave output)
PB5	MOSI (SPI bus master output/slave input)
PB4	 (SPI slave select input)
PB3	AIN1 (Analog comparator negative input) OC0 (Timer/counter0 output compare mach output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

PC0-PC7 : Port C merupakan port I/O 8-bit bi-directional, selain itu port C mempunyai fungsi selain sebagai I/O (table 2.3).

Tabel 2.4. Alternatif fungsi Port C

Port Pin	Alternate Funtion
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

PD0-PD7: Port D merupakan port I/O 8-bit bi-directional, selain itu port D mempunyai fungsi selain sebagai I/O (table 2.4).

Tabel 2.5. Alternatif fungsi Port D

Port Pin	Alternate Funtion
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

VCC : power suplay

GND : ground

RESET : reset input. Kondisi logika low “0” lebih dari 50ns pada pin ini akan membuat mikrokontroler masuk ke dalam kondisi reset.

XTAL1 : input bagi inverting oscillator amplifier dan input bagi clock internal.

XTAL2 : output inverting oscillator amplifier.

AVCC : pin power suplay untuk port A dan A/D converter. AVCC harus dihubungkan dengan VCC eksternal jika tidak digunakan sebagai ADC. Namun jika digunakan sebagai ADC, mka harus dihubungkan dengan VCC yang dilewati oleh low-pass filter.

AGND : ground analog (ADC)

AREF : referensi analog untuk ADC

Di dalam mikrokontroler Atmega32 sudah terdiri dari:

- Saluran I/O ada 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
- ADC (Analog to Digital Converter) 10 bit sebanyak 8 channel.
- Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan.
- CPU yang terdiri dari 32 buah register.
- 131 instruksi andal yang umumnya hanya membutuhkan 1 siklus clock.
- Watchdog Timer dengan osilator internal.
- dua buah timer/counter 8 bit, satu buah timer/counter 16 bit
- tegangan operasi 2.7 V – 5.5 V pada ATmega 16L
- Internal SRAM sebesar 1 KB.
- Memori Flash sebesar 32 KB dengan kemampuan Read While Write
- Unit interupsi internal dan eksternal.
- Port antarmuka SPI. Antarmuka komparator analog
- EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
- 4 channel PWM.
- 32x8 general purpose register.
- Hampir mencapai 16 MIPS pada Kristal 16 MHz.
- Port USART programmable untuk komunikasi serial.

## 2.6 ADC ( Analog to Digital Converter )

ADC adalah suatu piranti yang dirancang untuk mengubah sinyal - sinyal analog menjadi bentuk sinyal digital. Atau dapat pula disimpulkan ADC ini dapat merubah nilai suatu masukan yang berupa tegangan listrik dalam voltase atau sinyal analog lainnya menjadi keluaran berupa nilai digital <sup>[6]</sup>. Dalam

penggunaan-nya ADC ini adalah tegangan maksimum yang dapat dikonversikan dari rangkaian pengkondisian sinyal, resolusi, ketepatan dan waktu konversinya.

Dalam sistem digital ADC ini berupa rangkaian yang dapat merubah suatu masukan yang berupa tegangan dalam satuan voltage, kemudian ADC ini mengubahnya menjadi nilai digital yang berupa nilai biner. Dapat dilihat dari LED yang menyala dari 8 bit yang telah ada jika salah satu LED menyala dihitung satu sehingga besarnya keluaran dari suatu tegangan dapat dihitung melalui konversi bilangan

ADC internal pada ATmega32 merupakan ADC 10-bit yang bernilai 1024. ADC internal ini digunakan untuk input dari sensor serta masukan / data lain yang digunakan, seperti SSR dan indikator pada heater. Prinsip kerja ADC sendiri ialah memberi tegangan masukan pada Port yang tersedia pada ATmega32. ADC memerlukan daya sebesar 5 volt pada pin Vcc (Vref) dan GND dihubungkan dengan ground, dengan  $V_{ref} = \frac{1}{2} V_{cc}$ . Biasanya Vref bernilai 2.56 V, dari beberapa indikasi yang dimiliki oleh ADC kita dapat mengetahui berapa volt tegangan yang dibutuhkan oleh ADC untuk menaikkan 1 byte. Persamaan untuk mengetahui resolusi pada ADC adalah :

$$Resolusi = Q = \frac{V_{ref}}{2^N} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

Q = tingkat kuantisasi / resolusi

Vref = tegangan referensi

N = jumlah bit keluaran

## 2.7 Motor DC

Salah satu komponen penggerak dari sistem alat ukur panjang gelombang cahaya tampak dengan metode kisi difraksi adalah motor DC. Motor DC disini berfungsi sebagai *actuator*, yang mana *actuator* adalah komponen yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC digerakkan oleh arus DC (tegangan searah).

### 2.7.1 Prinsip Kerja Motor DC

Cara kerja dari motor DC dapat dijelaskan dengan teori elektromagnetik. Misal sebuah kawat berarus yang dipengaruhi medan magnet luar akan mengalami gaya yang disebut gaya magnet yang besarnya ditunjukkan pada persamaan :

$$F = B \cdot i \cdot L \sin \alpha \quad (2.8)$$

Dimana :

F = Gaya magnet (Newton)

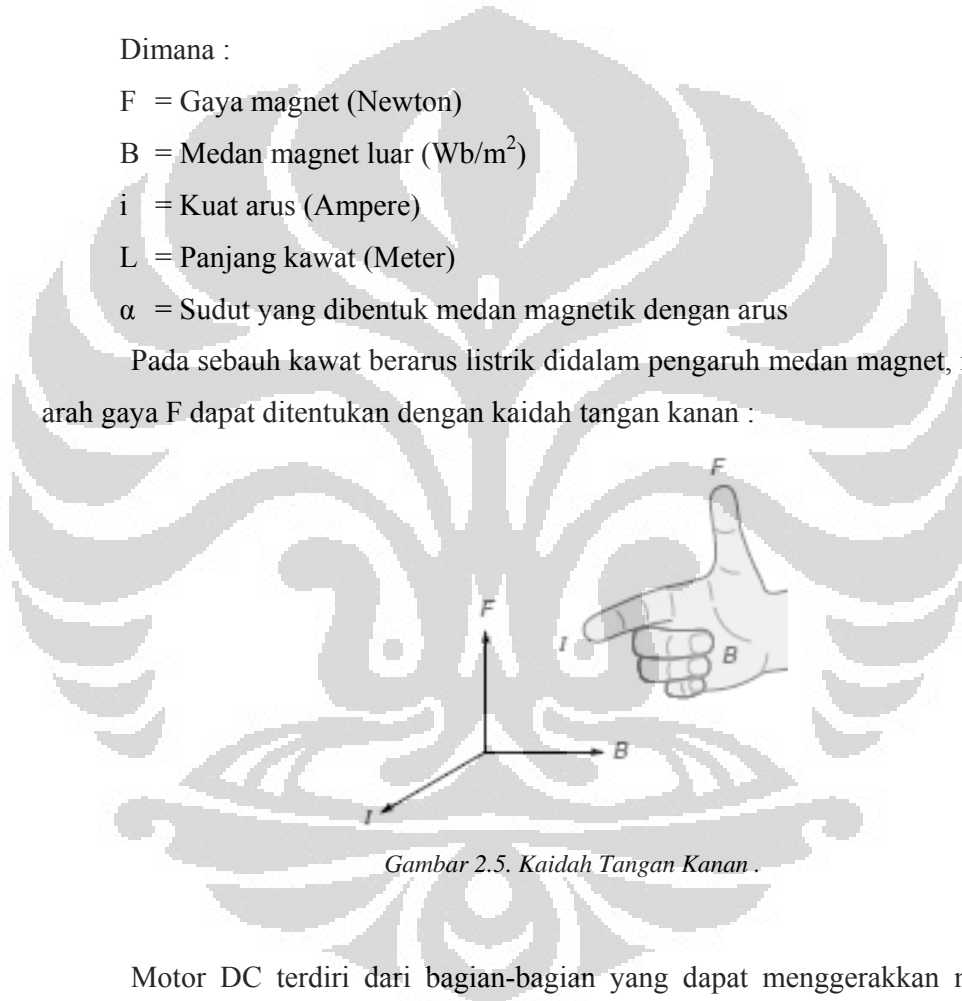
B = Medan magnet luar ( $\text{Wb/m}^2$ )

i = Kuat arus (Ampere)

L = Panjang kawat (Meter)

$\alpha$  = Sudut yang dibentuk medan magnetik dengan arus

Pada sebuah kawat berarus listrik didalam pengaruh medan magnet, maka arah gaya F dapat ditentukan dengan kaidah tangan kanan :

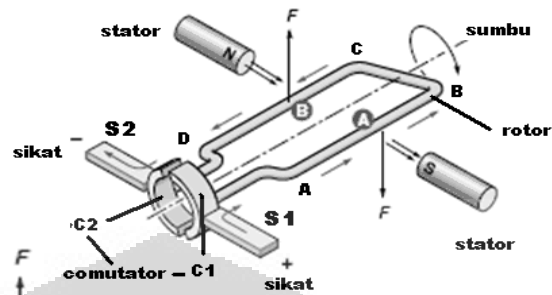


Gambar 2.5. Kaidah Tangan Kanan .

Motor DC terdiri dari bagian-bagian yang dapat menggerakkan motor tersebut, yaitu :

- Rotor, yaitu bagian yang berputar pada notor berupa kumparan kawat.
- Stator, yaitu bagian yang diam pada motor berupa magnet.
- Komutator, yaitu cincin belah yang berfungsi sebagai penukar arus
- Sikat, yaitu sepasang batang grafit yang menempel pada komutator tetapi tidak berputar.

Bagian-bagian dan cara kerja dari motor dapat dilihat pada gambar dibawah,

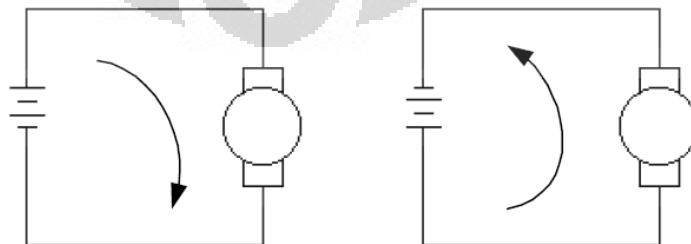


Gambar 2.6. Posisi Awal Gerakan Motor

misalkan kedudukan semula seperti gambar diatas, arus listrik mengalir dari kutub (+) baterai melalui sikat S1 – cincin C1 – rotor ABCD – cincin C2 – sikat S2, kembali ke kutub (-) baterai. Ketika rotor CD yang dekat dengan kutub utara mengalami gaya ke atas dan sisi rotor AB yang dekat dengan kutub selatan mengalami gaya kebawah, akibatnya rotor ABCD berputar searah jarum jam.

### 2.7.2 Membalik Arah Putaran Motor DC

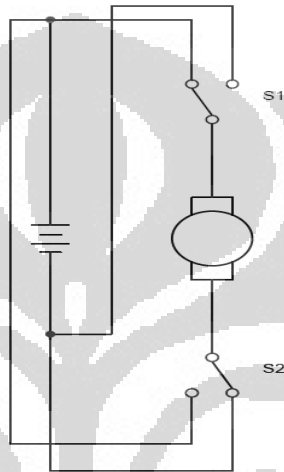
Dalam aplikasinya seringkali sebuah motor digunakan untuk arah yang searah dengan jarum jam maupun sebaliknya. Untuk mengubah putaran dari sebuah motor dapat dilakukan dengan mengubah arah arus yang mengalir melalui motor tersebut, secara sederhana seperti yang ada pada gambar dibawah, hal ini dapat dilakukan dengan mengubah polaritas tegangan motor.



Gambar 2.7. Dasar Pengaturan Arah Putaran Motor



Agar perubahan polaritas tegangan motor dapat dilakukan dengan mudah, maka hal ini dilakukan dengan menggunakan dua buah saklar, dimana kedua saklar tersebut harus berada pada posisi yang saling berlawanan. Apabila S1 berada diposisi kiri ( terhubung dengan positif ) maka S2 harus berada diposisi kanan (terhubung dengan negatif) dan demikian pula sebaliknya dengan perubahan yang serempak.



Gambar 2.8. Pengaturan Putaran Arah Motor Menggunakan Saklar

### 2.7.3 Cara Mempercepat Putaran Motor DC

Kecepatan putaran pada motor DC dapat ditingkatkan dengan memperbesar tegangan yang masuk ke motor, sehingga dapat mengakibatkan arus yang masuk ke motor menjadi besar pula. Hal ini sesuai dengan hukum Ohm berikut :

$$V = i \times R \quad (2.9)$$

Dimana :

V = Tegangan (Volt)

i = Besar Arus (Ampere)

R = Hambatan (Ohm)

Dengan hambatan yang tetap dan tegangan diperbesar akan mengakibatkan arus menjadi besar pula. Dengan arus yang semakin besar maka

akan menyebabkan gaya ( $F$ ) menjadi besar sesuai dengan persamaan di bawah ini:

$$F = B \cdot I \cdot L \sin \alpha \quad (3.0)$$

Dan apabila  $F$  semakin besar maka kekuatan rotor akan semakin besar dan berdampak pada makin cepatnya putaran motor.

## 2.8 Catu Daya

Catu daya (*Power Supply*) digunakan pada perangkat elektronika untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Catu daya pada umumnya terdiri dari diode-diode yang berfungsi untuk merubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Selain itu, juga terdiri dari beberapa komponen-komponen elektronik lain seperti kapasitor, resistor yang memiliki fungsinya tersendiri pada rangkaian catu daya tersebut.

Catu daya yang digunakan pada alat ini terdiri dari dua jenis catu daya. Catu daya yang pertama digunakan untuk memberi tegangan pada konveyor yaitu sebesar 12 Volt sedangkan catudaya yang kedua digunakan untuk memberikan tegangan sebesar 5 Volt yang digunakan oleh motor DC untuk menggerakkan panel pemisah.

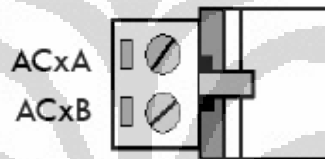
## 2.9 SSR (Solid State Relay)

Penggunaan solid state relay karena ada dua pertimbangan yaitu efek noise yang ditimbulkan tidak terlalu besar dan harga solid state relay relatif lebih murah dari pada sebuah relay dengan kualitas yang sama. SSR dapat berjalan pada suhu yang cukup tinggi, dan kestabilannya lebih terjamin, terdapat berbagai pilihan model yaitu 10,20,30,40,60,80 Ampere. Pada solid state relay tidak terdapat bagian yang bergerak seperti halnya pada relay/kontaktor; Relay/kontaktor mempunyai sebuah bagian yang bergerak yang disebut kontak dan bagian ini tidak ada pada solid state relay ini. Sehingga pada Solid State Relay ini tidak mungkin terjadi no contact karena tertutup debu/kotor atau karat; Pada Solid state relay ini tidak terdapat 'bounce', karena tidak terdapat kontak yang bergerak.

Pada relay / kontaktor terjadi peristiwa 'bounce' yaitu peristiwa terjadinya pantulan kontaktor pada saat terjadi perpindahan keadaan.

Dengan tidak adanya bounce pada Solid State Relay ini maka tidak terjadi percikan bunga api pada saat kontaktor berubah keadaan. Bunga api ini dapat menimbulkan panas, cepat rusak, keropos, kontak yang kurang baik dan bahkan kontaktor menjadi mancet karena lengket; Solid-State relay ini kebal terhadap getaran dan guncangan. Tidak seperti relay mekanik/kontaktor yang kontaktornya dapat dengan mudah berubah bila terkena guncangan/getaran yang cukup kuat pada body relay tersebut; Pada Solid state relay TIDAK menghasilkan suara 'klik', seperti relay/kontaktor pada saat kontaktor berubah keadaan

Saat SSR aktif (dan diberi beban), ACxA dan ACxB akan terhubung. Saat SSR tidak aktif, ACxA dan ACxB tidak terhubung. Pemasangan ke konektor ini bisa dibolak-balik (tidak ada polaritas).



Gambar 2.9. Setting SSR

## **BAB 3**

### **PERANCANGAN SISTEM**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja blok diagram dari masing-masing konstruksi mekanik, hardware, serta *software* yang digunakan dalam perancangan alat “Rancang Bangun Alat Ukur Daya Hantar Kalor Secara Otomatis”.

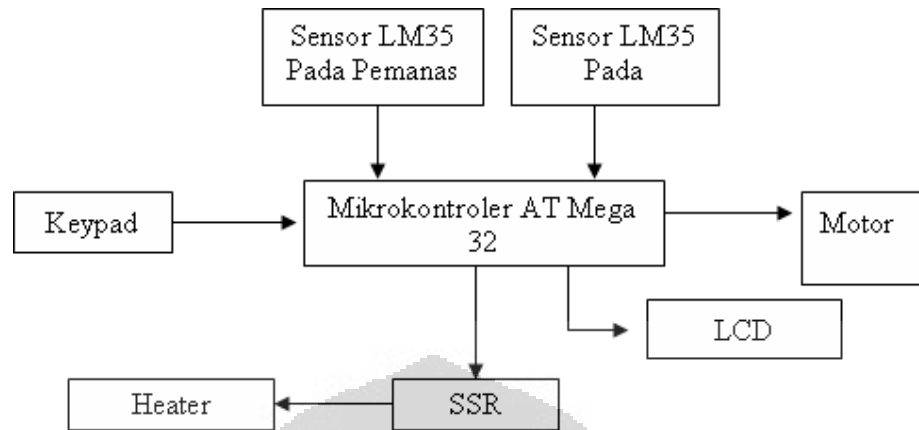
#### **3.1 Gambaran Umum Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas**

Pada dasarnya alat yang saya buat menggunakan prinsip perambatan panas, perambatan panas yang saya gunakan adalah konduksi (hantaran) dimana panas mengalir karena ada perbedaan temperatur antara dua objek/benda. Panas akan mengalir dari temperatur tinggi menuju temperatur rendah dengan adanya medium hambatan dan dicari suhu kesetimbangan dari kesetimbangan tembaga lalu dicari gradien ketika adanya penambahan panas dari heater kemudian dicari koefisien dari medium benda tersebut. Monitoring system yang bekerja pada alat ini menggunakan software dari Bascom-AVR (*Basic Compiler – AVR*) yang menjadi pengatur lalu lintas dari system alat ini.

Perancangan pada bab ini menggunakan perangkat keras meliputi beberapa bagian yaitu: bagian pengontrol utama yaitu mikrokontroler sebagai otak pengendali dan input masukan yaitu berupa temperatur yang terbaca oleh sensor

#### **3.2 Blok Diagram**

Pada bab ini akan dibahas mengenai cara kerja alat secara garis besar. Hal ini dilakukan untuk mempermudah pemahaman tentang cara kerja masing-masing *hardware* dan rangkaian, karena dalam pembuatan alat atau sistem maka semua rangkaian saling terhubung dan saling mempengaruhi kinerja. Blok diagram di bawah merupakan garis besar tentang cara kerja alat.



Gambar 3.1 Blok Diagram Rangkaian Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas pada Benda Berbasis Mikrokontroler

Berdasarkan gambar blok diagram di atas, fungsi kerja dari masing-masing blok, yaitu :

1. Heater

Pada alat ini menggunakan heater sebesar 600 Watt. Hal ini dimaksudkan untuk memanaskan benda dan agar dapat merambatkan panas ke benda B yaitu tembaga.

2. SSR (*Solid State Relays*)

Dalam sistem ini digunakan SSR 40A AC dan 3-32V DC. SSR berfungsi menstabilkan suhu heater agar suhu heater tidak naik dan tidak turun .

3. Sensor Temperatur (LM35)

Sensor LM35 ini berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu yang terbaca pada benda A dan benda B, yang mana benda A yaitu heater dan benda B yaitu tembaga. Pembacaan suhu tersebut merupakan input untuk mikrokontroler. Input ini berupa temperatur dan pembacaan suhu heater (yang ditentukan), perubahan suhu ( $\Delta T$ ), dan suhu kesetimbangan ( $T'$ ) tersebut merupakan parameter-parameter input untuk mikrokontroler. Parameter Input ini berupa nilai temperatur. Input temperatur ini masuk ke mikrokontroler berupa suhu kesetimbangan kemudian akan mencari gradient dari suhu yang telah dinaikkan dan diturunkan  $3^{\circ}\text{C}$  yang

kemudian akan diproses oleh mikrokontroler untuk menghasilkan nilai konduktivitas panas pada gabus.

#### 4. Mikrokontroler ATmega32

Pada sistem ini menggunakan Mikrokontroler tipe ATmega 32. Mikro ini merupakan chip yang di dalamnya tertanam program yang penulis buat.

#### 5. Driver Motor

adalah alat yang mengubah pulsa listrik menjadi gerak, mempunyai prinsip dasar yang sama dengan motor stepper namun gerakannya bersifat kontinyu atau berkelanjutan

#### 6. Keypad

Keypad berfungsi untuk menginputkan nilai parameter yang di butuhkan mikrokontroler untuk memproses data. Sebelum diproses mikrokontroler membutuhkan parameter-parameter seperti luas diameter tembaga, ketebalan isolator, suhu heater yanga ditentukan, massa kalor jenis tembaga. Dengan memasukkan parameter-parameter tersebut melalui keypad maka mikrokontroler akan memproses parameter-parameter yang masuk kemudian di dapatkan nilai konduktivitas pada karet.

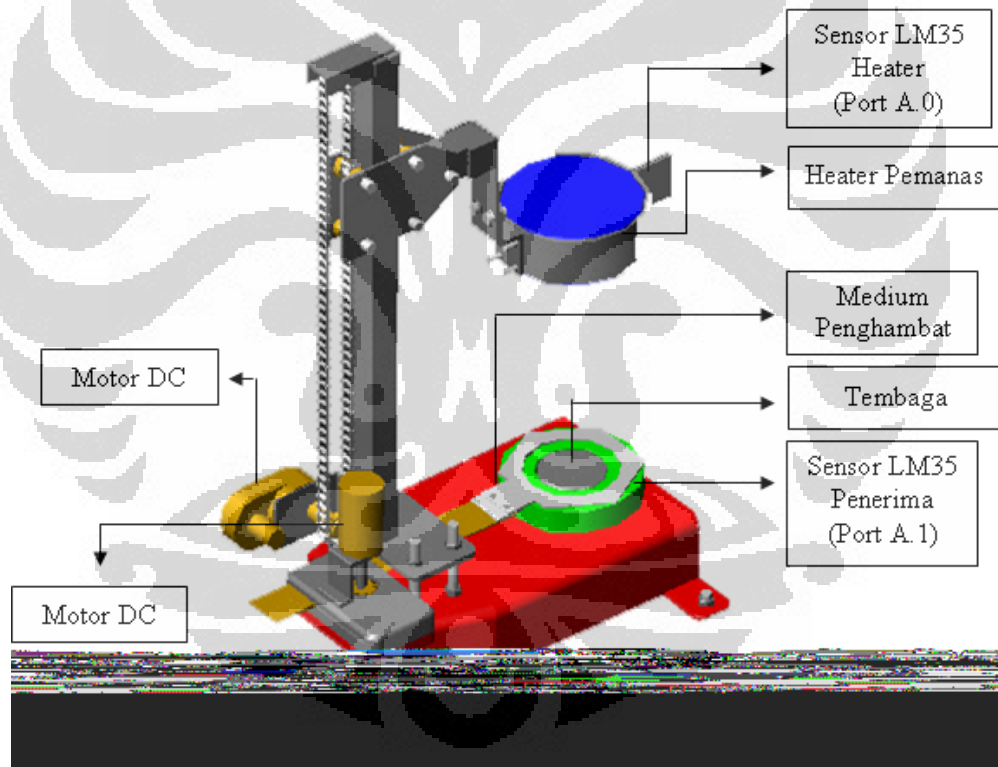
#### 7. Display (LCD)

Display berfungsi menampilkan nilai parameter-parameter yang di inputkan melalui *keypad* dan menampilkan nilai kesetimbangan kedua benda, nilai gradient dan nilai konduktivitas panas pada gabus yang telah di kalkulasi oleh mikrokontroler.

### 3.3 Rancangan Sistem Secara Mekanik

Pada konstruksi mekanik untuk penelitian ini terdiri dari 2 benda padat, benda A dan benda B. dimana benda A yaitu sebuah benda padat yang berfungsi menghasilkan panas yang memiliki daya listrik 600 watt dan benda B yaitu sebuah tembaga yang berfungsi sebagai penerima panas dengan massa sebesar 1744 gram dengan luas penampang 6237 mm berbentuk silinder serta mempunyai massa jenis 0.092 kal/gr K, dan sebuah media perantara benda bisa bahan isolator maupun konduktor tetapi yang kita ujikan adalah bahan isolator yang penghantar kurang begitu bagus seperti kayu dan kardus. Bejana logam dan media perantara

digerakkan dengan menggunakan motor elektrik pada kecepatan konstan dengan menggunakan motor dc, dimana motor untuk bejana logam akan turun naik sedangkan untuk perantara media akan maju mundur. Karena ada perbedaan suhu dari kedua benda padat yaitu bejana logam dan tembaga, maka akan terjadi perpindahan panas dari suhu yang tinggi (heater yang telah dipanaskan) ke suhu yang rendah (tembaga sebagai penerima panas) dengan adanya medium hambatan. Lalu setelah mencapai kesetimbangan benda maka ditambahkan suhu tanpa adanya medium hambatan, lalu dicari gradien persatuan derajat penambahan dan penurunan dari suhu kesetimbangan. Jika sudah diketahui gradien dan variabel-variabel yang lain maka dapat diketahui koefisien konduktifitas dari media hambatan tersebut



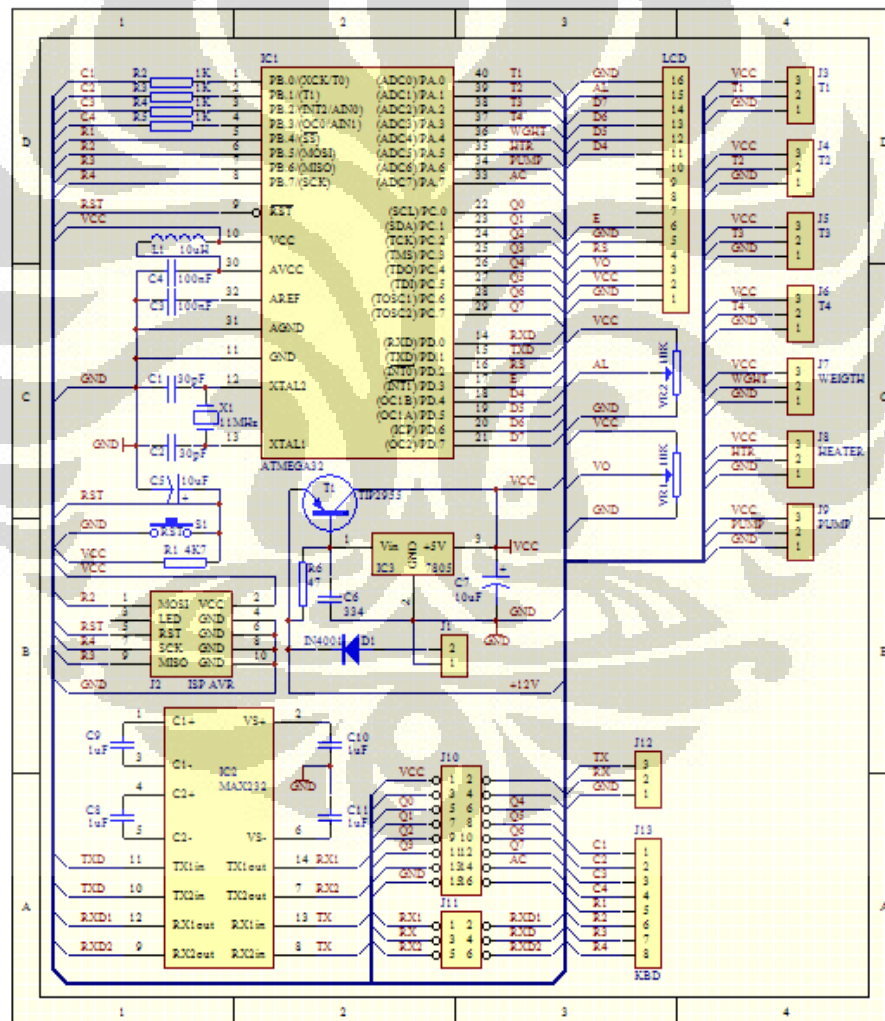
Gambar 3.2 Rancang Bangun Alat Ukur Daya Hantar Kalor Secara Otomatis

### 3.4 Rancangan Sistem Secara Hardware

Secara umum gambaran kerja alat atau sistem ditunjukkan oleh gambar 3.1. Sedang skema rangkaian keseluruhan dan tabel hubungan port AVR dengan input-output (I/O). Sensor LM35 akan membaca temperatur lingkungan dengan

keluarannya berupa tegangan. Kemudian keluaran analog tersebut akan menjadi masukan pada mikrokontroler dengan memanfaatkan fasilitas masukan analog pada AVR Atmega32. Sistem ini tidak memerlukan tambahan rangkaian ADC (*Analog to Digital Conversion*) untuk mengkonversi tegangan keluaran dari LM35, sebab ATmega32 memiliki ADC 8 kanal dengan resolusi 10 bit. Kemudian nilai tegangan dari LM35 akan diubah menjadi kode biner oleh ADC untuk ditampilkan pada layar LCD dan Komputer melalui komunikasi serial.

### 3.4.1 Rancangan rangkaian microcontroller



Gambar 3.3 Rangkaian Minimum System



Rangkaian minimum sistem ini terdiri dari jalur *ISP programmer*, rangkaian reset mikrokontroler dan *ISP programmer*, kristal, 4 buah header 1x10 yang terhubung ke port I/ O-nya mikrokontroler, dan delapan buah terminal keluaran. Sebagai otak dari sistem ini menggunakan mikrokontroler produk dari atmel keluarga AVR seri ATmega32. IC mikrokontroler ATmega32 ini memiliki 40 pin dengan 32 pin I/O, 16K byte *flash memory*, dan 1024K EEPROM. Pada rangkaian minimum system ini, pinA.0 mikrokontroler digunakan sebagai input dari sensor temperature (LM35), pinA.6 digunakan sebagai input heater. Sedangkan pinD.0 dan pinD.1 digunakan untuk komunikasi ke PC (*Personal Computer*). Konfigurasi pin ATmega 32 dapat di lihat pada gambar 3.3 di bawah ini. Dari gambar tersebut dapat di jelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega 32 sebagai berikut :

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *ground*.
3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.
4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/ Counter*, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0..PC7) merupakan I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Oscillator*.
6. Port D (PD0..PD7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, dan komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

Pada rangkaian *minimum system* ini, pin A.0 mikrokontroler digunakan sebagai input dari sensor temperatur (IC LM35), Pin A.6 digunakan sebagai input SSR. Port C digunakan untuk *keypad*, Port D digunakan untu LCD.

ATmega32 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu DDxn, PORTxn, dan PINxn. Huruf ‘x’ mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf

'n' mewakili nomor bit. Bit DDxn terdapat pada I/O address DDRx, bit PORTxn terdapat pada I/O address PORTx, dan bit PINxn terdapat pada I/O address PINx.

### 3.4.2 Rancangan rangkaian sensor temperature

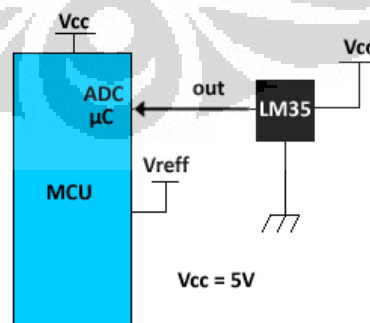
Sensor temperatur yang digunakan pada sistem pemantau ini adalah LM35. Sensor LM35 adalah sebuah piranti yang didisain untuk dapat memberikan tegangan keluaran (*output*) yang berubah-ubah secara linier seiring dengan perubahan suhu yang juga terjadi secara linier.

LM35 mempunyai jangkauan temperatur antara 0-150 derajat *Celcius* dengan kenaikan 10mV untuk setiap derajat *Celcius*. Dengan karakteristi LM35 tersebut, maka diperlukan sinkronisasi antara LM35 dengan ADC yang digunakan yaitu ADC internal pada mikrokontroler.

ADC internal mikrokontroler diberikan tegangan referensi 5V, dengan lebar data yang digunakan adalah 10 bit data. Sehingga besar tegangan setiap kenaikan satu bit adalah:

$$\text{Resolusi} = \frac{5V}{1024} = 4,88mV = 5mV$$

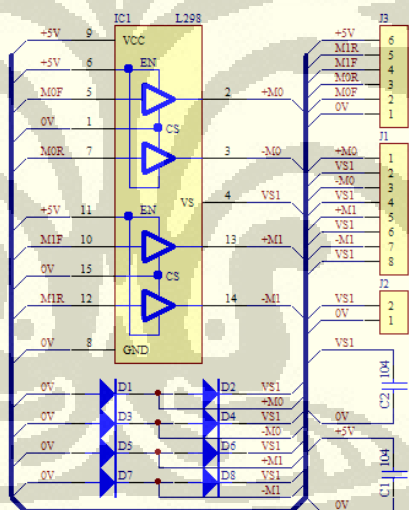
Resolusi 5 mV pada ADC, sedangkan kenaikan pada LM35 adalah 10 mV untuk setiap derajat *Celcius* yang akan menjadi masukkan pada ADC. Dengan keadaan tersebut, maka setiap kenaikan 1 derajat *Celcius* suhu yang dideteksi LM35, diterjemahkan dalam 2 bit data oleh ADC. Sehingga pada rangkain sensor temperatur tidak perlu ditambahkan rangkaian penguat pada keluarannya.



Gambar 3.4. Rangkaian Sensor Temperature

### 3.4.3 Motor DC

adalah alat yang mengubah pulsa listrik menjadi gerak, mempunyai prinsip dasar yang sama dengan motor stepper namun gerakannya bersifat kontinyu atau berkelanjutan. Motor DC dibagi menjadi 2 jenis yaitu ; Motor DC dengan sikat (mekanis komutasi), yaitu motor yang memiliki sikat karbon berfungsi sebagai pengubah arus pada kumparan sedemikian rupa sehingga arah tenaga putaran motor akan selalu sama. Motor DC tanpa sikat , menggunakan semi konduktor untuk merubah maupun membalik arus sehingga layaknya pulsa yang menggerakkan motor tersebut. Biasa digunakan pada sistem servo, karena mempunyai efisiensi tinggi, umur pemakaian lama, tingkat kebisingan suara listrik rendah, karena putarannya halus seperti stepper namun putarannya terus-menerus tanpa adanya step.



Gambar 3.5. Rangkaian Motor DC

### 3.5 Rancangan Program Untuk Mikrokontroler

Perancangan sistem ini tidak hanya memiliki hardware saja tetapi sistem pengendalian yang juga menggunakan software. Software yang digunakan yaitu BASCOM-AVR dengan chip microcontroller ATmega32. Pada modul AVR dengan chip utama Atmega32 yang mendukung pemrograman Bascom-AVR, sebelum melakukan atau menyusun listing penulis terlebih dahulu mengecek chip

dan programmer yang dipakai pada program Bascom-AVR itu sendiri. setelah itu barulah penulis membuat listing program dan kemudian program tersebut di compile dengan menggunakan fasilitas compiler yang disediakan oleh Bascom-AVR tersebut sehingga mendapatkan file berbentuk HEX yang kemudian akan di download ke mikrokontroler dengan auto program yang terdapat juga pada Bascom-AVR tersebut.

Disini penulis tidak akan menjelaskan program dengan terperinci, yang didiskripsikan disini hanya yang berhubungan pengontrolan alat.

### 3.5.1 *Flowchart Program Utama*

Pada flowchart pada gambar 3.6 yang merupakan flowchart program awal dimana program flowchart awal menampilkan proses pengamanan dari alat tersebut sehingga jika proses pengamanan aktif (heater dalam keadaan naik dan media penghambat dalam keadaan dibelakang dan keduanya menyentuh limit switch ) . jika proses pengaman aktif maka kita dapat memencet keypad supaya dapat ke menu berikutnya. Berikut langkah-langkah dari gambar 3.6 sebagai berikut :

- a) Sistem dimulai pertama kali yaitu program menginisialisasi variable. Deklarasi variabel, kemudian menentukan konstanta yang akan digunakan untuk perhitungan pada persamaan konduktivitas panas pada karet. Proses selanjutnya mendefinisikan pin I/O, inialisasi SSR, inialisasi driver motor
- b) Kemudian inialisasi ADC yaitu Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal
- c) Inialisasi Keypad, Config Kbd = Portb
- d) Kemudian inialisasi Lcd yaitu Config Lcd = 20 \* 4. Merupakan jenis Lcd dengan tampilan empat baris dan 20 karakter di tiap barisnya.
- e) Setelah inisaialisai selesai maka motor vertical atas dan motor horizontal belakang akan melakukan reset yaitu dengan menyentuh limit switch sehingga motor tersebut dalam posisi aman, .Berikut merupakan program proses pengamanan

Reset Ssr\_heater

*Portc = &B00001111*

*Set M\_v\_a*

*Bitwait Limit\_ver\_atas , Reset*

*Reset M\_v\_a*

*Set M\_h\_b*

*Bitwait Limit\_hor\_blk , Reset*

*Reset M\_h\_b*

*Program tersebut merupakan program untuk kemenu berikutnya*

*Tanya1:*

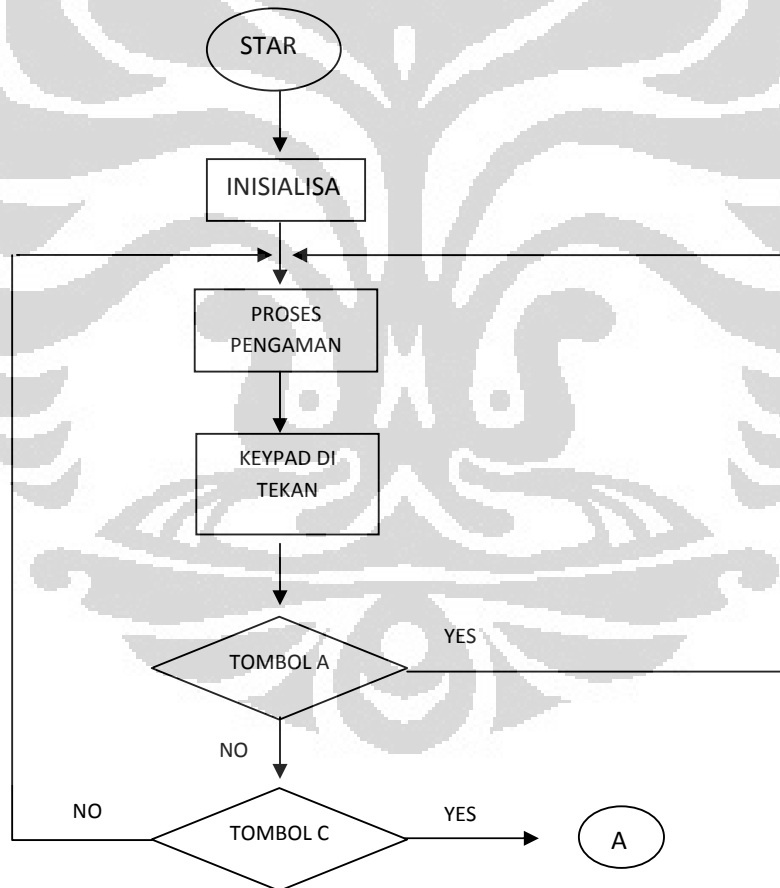
*Call Wait\_keypad*

*If S\_keypad = "A" Then : Goto Keamanan*

*Elseif S\_keypad = "C" Then : Goto Menu2*

*Else : Goto Tanya1*

*End If*



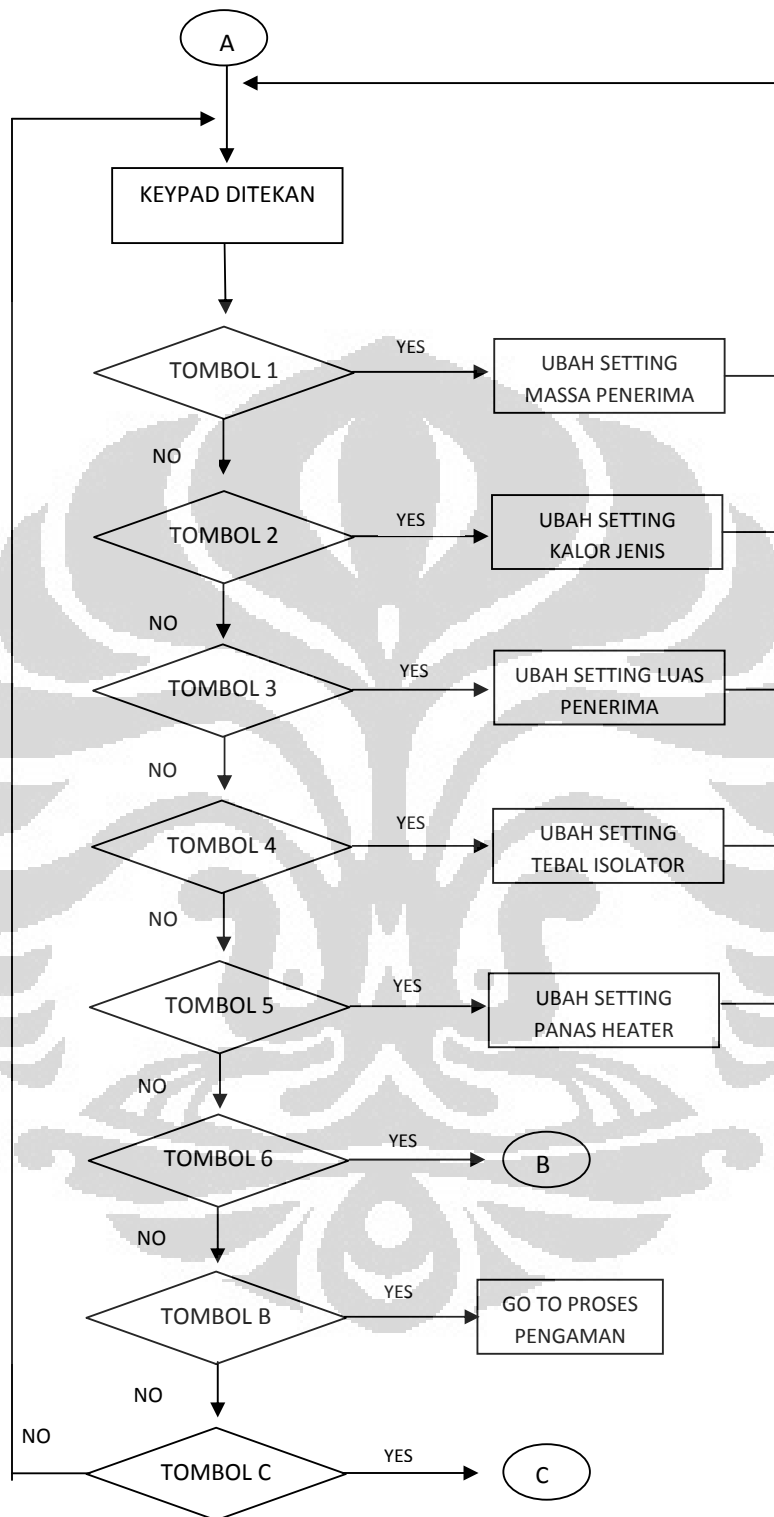
Gambar 3.6. Flow chart program awal

Setelah penginisialisasian selesai, maka pada gambar 3.7 merupakan flowchart program menu dimana mikrokontroler akan menunggu sampai tombol C ditekan untuk masuk ke menu berikutnya. Dalam program ini, penekanan tombol 1, 2, 3, 4, 5, 6, B dan C tidak mesti berurutan tetapi untuk menekan tombol 6 yaitu melakuakn proses maka dapat ditekan ketika sudah melakukan penyetingan pada tombol 1, 2, 3, 4, 5. Apabila tombol 1 di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan penyetingan massa penerima panas, apabila tombol 2 di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan penyetingan kalor jenis penerima panas, apabila tombol 3 di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan penyetingan luas dari penerima panas, apabila tombol 4 di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan penyetingan tebal, apabila tombol 5 di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan penyetingan panas heater, apabila tombol 6 di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan proses untuk mendapatkan kesetimbangan termal, untuk menghitung kesetimbangan termal dari kedua benda tersebut ketika benda tsb sudah setimbang maka secara otomatis alat tersebut akan langsung menambahkan kenaikan dan penurunan 3 derajat dari titik setimbang kemudian alat tersebut akan langsung menghitung nilai gradient dari kenaikan dan penurunan 3 <sup>0</sup>C dari titik setimbang maka jika nilai gradient sudah didapatkan akan langsung dikenahui koefisien konduktivitas dari isolator tersebut. Listing programnya adalah sebagai berikut :

```

Wait_keypad
If S_keypad = "C" Then : Goto Menu3
Elseif S_keypad = "B" Then : Goto Menu1
Elseif S_keypad = "1" Then : Goto Change_mp
Elseif S_keypad = "2" Then : Goto Change_cp
Elseif S_keypad = "3" Then : Goto Change_ap
Elseif S_keypad = "4" Then : Goto Change_dg
Elseif S_keypad = "5" Then : Goto Change_temp_heater
Elseif S_keypad = "6" Then : Goto Proses
Else : Goto Tanya2
End If

```



Gambar 3.7. Flow chart program pengaturan menu

Pada settingan dapat kita ubah sesuai dengan benda-benda yang diujikan dan variable tersebut akan langsung tersimpan di EEPROM. Apabila tidak jadi melakukan settingan variabel maka tekan B maka akan kembali ke program awal, dan pada tombol C dapat melihat nilai data-data hasil gradien 1 sampai 6 dan dapat melihat rata-rata gradient serta dapat melihat koefisien konduktivitas dari isolator tsb

Setelah tombol 6 akan melakukan proses untuk menghasilkan nilai kesetimbangan thermal, nilai gradient dan nilai koefisien, berikut listing program untuk mendapatkan kesetimbangan thermal adalah sebagai berikut :

```

Do
If Periode_1s_flag = 1 Then
  W_temp_tembaga = Getadc(1)
  Temp_tembaga = W_temp_tembaga * Res_temp

  W_temp_heater = Getadc(0)
  Temp_heater = W_temp_heater * Res_temp

  Call Pid_auto
  Buf_lcd = Fusing(temp_heater , "#.##")
  Locate 2 , 11 : Lcd "      "
  Locate 2 , 11 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

  Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.##")
  Locate 3 , 11 : Lcd "      "
  Locate 3 , 11 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

  Locate 4 , 11 : Lcd "      "
  Locate 4 , 11 : Lcd Waktu

  Temp_tembaga = Round(temp_tembaga)

  If Temp_tembaga = Temp_tembaga_old Then
    Waktu = Waktu + 1
    If Waktu = 60 Then
      Bit_stop_pid = 1
    End If
  Else
    Temp_tembaga_old = Temp_tembaga
    Waktu = 0
  End If
End If

```



Berikut listing program untuk mendapatkan nilai gradient, dimana menambahkan kenaikan dan penurunan 3 derajat dari titik setimbang kemudian alat tersebut akan langsung menghitung nilai gradient dari kenaikan dan penurunan 3 °C dari titik setimbang maka didapatkan nilai gradient sebanyak 6 kali sehingga nilai tersebut dirata-rata dan listing programnya sebagai berikut :

```

Waktu0 = Second0
Waktu1 = Second1
Suhu0 = Ep_batas_del_t0
Suhu1 = Ep_batas_del_t1
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien1 = Gradien

```

```

Waktu0 = Second1
Waktu1 = Second2
Suhu0 = Ep_batas_del_t1
Suhu1 = Ep_batas_del_t2
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien2 = Gradien

```

```

Waktu0 = Second2
Waktu1 = Second3
Suhu0 = Ep_batas_del_t2
Suhu1 = Ep_batas_del_t3
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien3 = Gradien

```

```

Waktu0 = Second3
Waktu1 = Second4
Suhu0 = Ep_batas_del_t3
Suhu1 = Ep_batas_del_t4
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien4 = Gradien

```

```

Waktu0 = Second4
Waktu1 = Second5
Suhu0 = Ep_batas_del_t4
Suhu1 = Ep_batas_del_t5

```

```

Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien5 = Gradien

```

```

Waktu0 = Second5
Waktu1 = Second6
Suhu0 = Ep_batas_del_t5
Suhu1 = Ep_batas_del_t6
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien6 = Gradien

```

```

Gradien = Gradien1
Sigma_gradien = Gradien

```

```

Gradien = Gradien2
Sigma_gradien = Sigma_gradien + Gradien

```

```

Gradien = Gradien3
Sigma_gradien = Sigma_gradien + Gradien

```

```

Gradien = Gradien4
Sigma_gradien = Sigma_gradien + Gradien

```

```

Gradien = Gradien5
Sigma_gradien = Sigma_gradien + Gradien

```

```

Gradien = Gradien6
Sigma_gradien = Sigma_gradien + Gradien

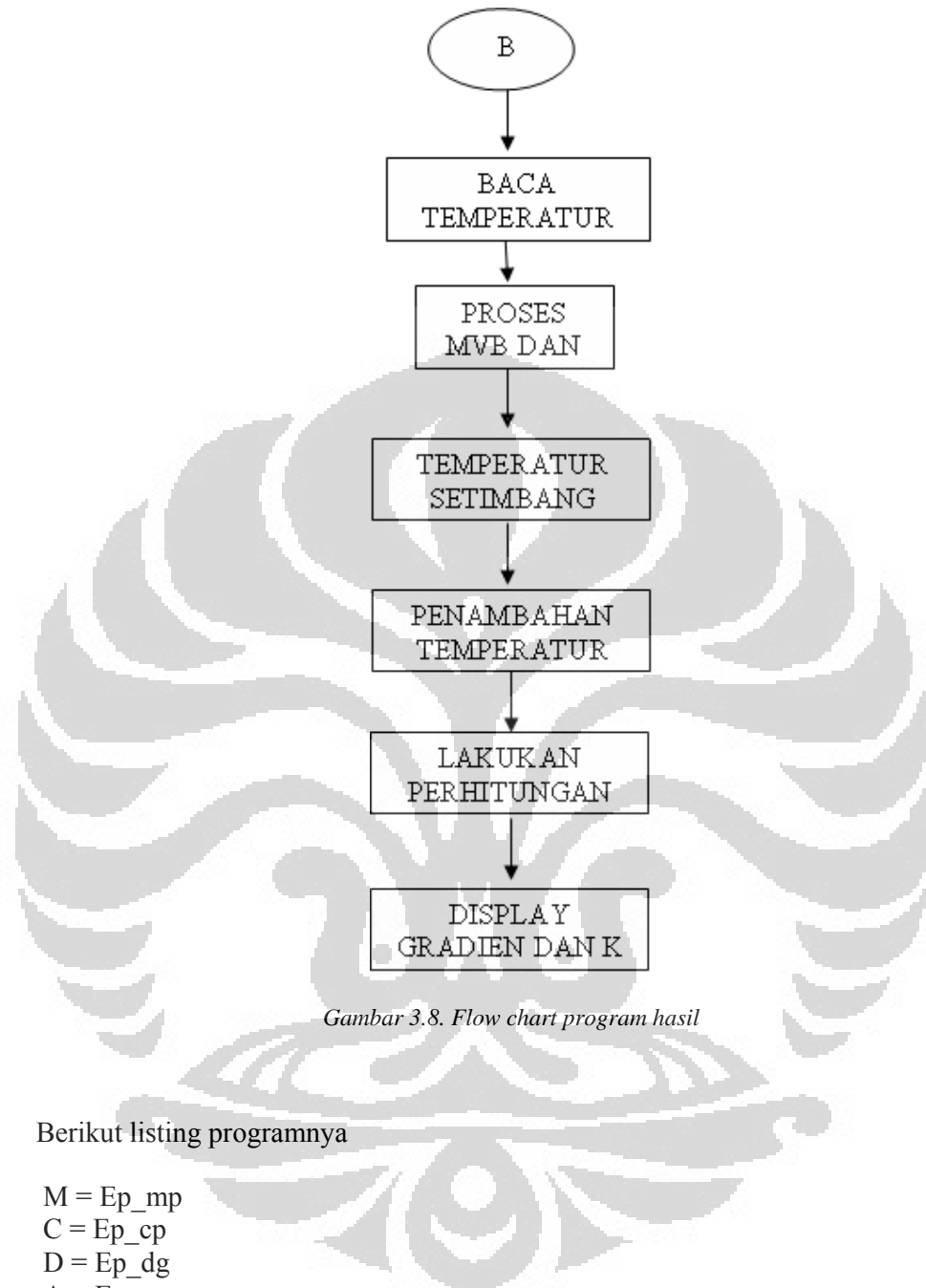
```

```

Sigma_gradien = Sigma_gradien / 6
Gradien_rata2 = Sigma_gradien

```

Setelah melakukan pengambilan data, mikrokontroler akan mengkalkulasi data tersebut untuk mendapatkan nilai kesetimbangan dan nilai gradient yang selanjutnya di kalkulasi untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas (k). Berikut ini flowchart dan listing program untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas (k)



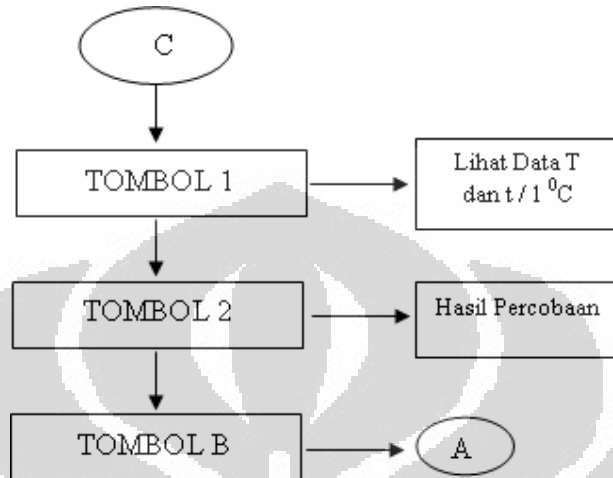
Gambar 3.8. Flow chart program hasil

Berikut listing programnya

```

M = Ep_mp
C = Ep_cp
D = Ep_dg
A = Ep_ap
Suhu0 = Ep_set_heater
Suhu1 = Ep_tembaga_setimbang
Suhu = Suhu0 - Suhu1
Dt_per_dt = Gradien_rata2
Koef = 1000000
Koef = Koef * M
Koef = Koef * C
Koef = Koef * Dt_per_dt
Koef = Koef * D
  
```

Koef = Koef / A  
Koef = Koef / Suhu  
Buf\_lcd = Fusing(koef, "#.#####")



Gambar 3.9. Flow chart program data

## BAB 4

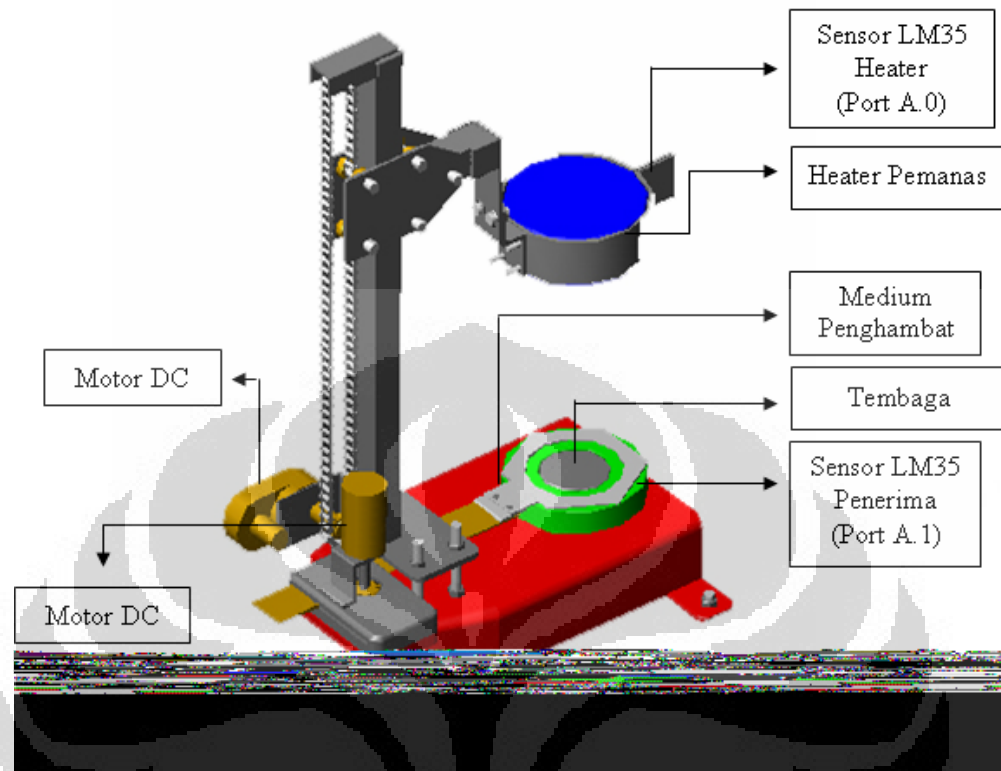
### ANALISA DAN PENGAMATAN

Untuk membuktikan alat yang telah dibuat berfungsi dengan baik atau tidak, maka perlu diadakan pengujian untuk mendapatkan beberapa data yang akan dijadikan bukti dan pengujian-pengujian yang diujikan meliputi :

- Pengujian mekanik
- Pengujian Sensor Temperatur LM35.
- Pengujian Keypad.
- Pengujian Temperatur Setimbang
- Pengujian Nilai Gradien
- Pengujian nilai konduktivitas panas (k) pada gabus

#### 4.1 Pengujian Mekanik

Mekanik diujikan pada heater, tembaga, motor serta perangkat yang lain dimana alat tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai dari suhu kesetimbangan, gradient dan koefisien konduktivitas dari isolator tersebut. Komponen heater memiliki daya 600 watt dimana heater tersebut akan bergerak naik dan turun menggunakan motor, untuk membuat heater tersebut stabil suhunya sesuai dengan suhu yang diinginkan maka ditambahkan komponen SSR (Solid State Relay). Pada media penghambat (isolator) dapat bergerak maju ke depan dan ke belakang dengan menggunakan motor dimana nantinya isolator tersebut yang akan diukur koefisiennya, untuk benda tembaga hanya berfungsi untuk menerima panas sehingga mendapatkan nilai suhu kesetimbangannya dan untuk mendapatkan nilai suhu kesetimbangannya dengan cara mengukur suhu tembaga (yang dipanaskan oleh heater) sehingga suhu tembaga tersebut tidak naik dan turun lagi suhunya. Dan untuk isolator penghambat berfungsi untuk menghambat penyerapan dari heater. Pada mekanik ketika pada waktu berhenti menggunakan limit switch sehingga dapat diatur waktu maksimum sebuah mekanik dan limit switch aktif jika mendapatkan sentuhan atau tekanan dari suatu benda fisik dengan menggunakan program.



Gambar 4.1 Rancang Bangun Alat Ukur Daya Hantar Kalor Secara Otomatis

#### 4.2 Pengujian Sensor LM35

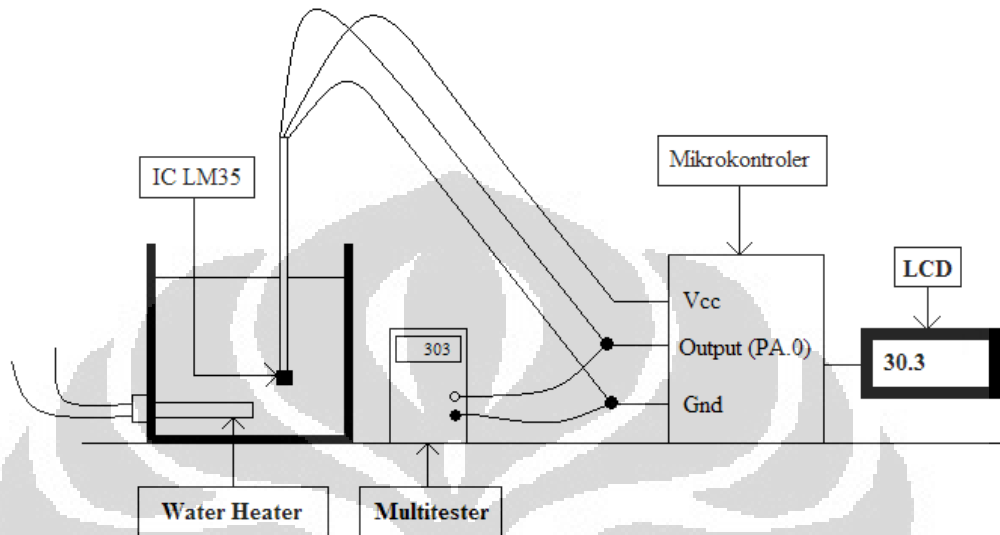
Pada sensor LM35 penulis mendapatkan data tersebut berupa suhu yang terbaca dari daya hantar kalor tembaga dimana suhu tersebut berupa suhu kesetimbangan dan gradient yang dapat dilihat pada LCD

Pengujian sensor IC LM35 ini bertujuan untuk menguji resolusi pada IC LM35 dan pengkalibrasian temperatur terhadap temperatur literatur. Pada datasheet IC LM35 tersebut memiliki resolusi sebesar 10 mV/ °C, artinya tegangan akan naik 10 mV setiap kenaikan 1°C . Secara umum rumus respon sensor IC LM35 adalah :

$$10 \text{ mV} \times \text{kenaikan suhu (}^{\circ}\text{C)} = \text{tegangan yang terbaca (mV)} \dots\dots\dots (4.1)$$

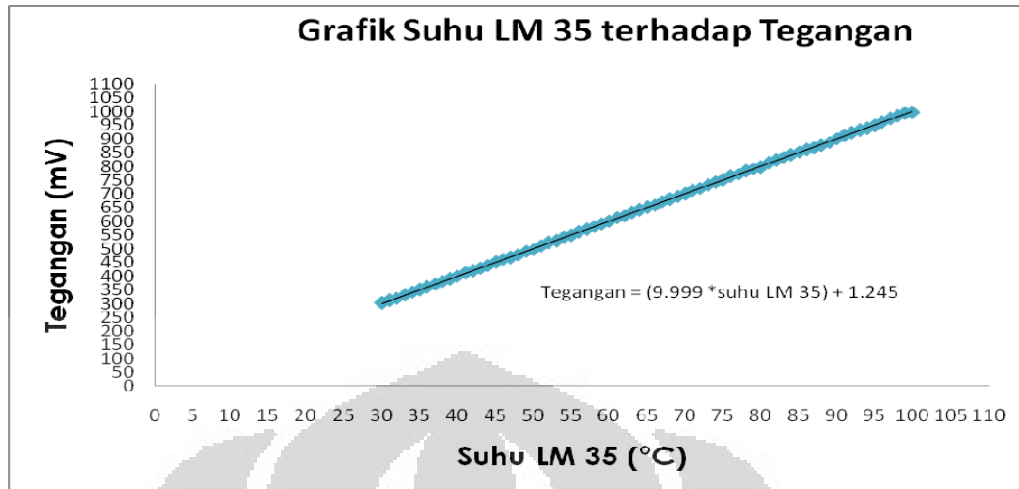
Dari rumus respon LM35 diatas dapat diketahui pula cara mendapatkan suhu yang direspon oleh sensor IC LM35. Secara umum rumus pembacaan temperatur pada sensor IC LM35 adalah :

tegangan yang terbaca / 10 mV = suhu yang diukur ( $^{\circ}\text{C}$ ) ..... (4.2)



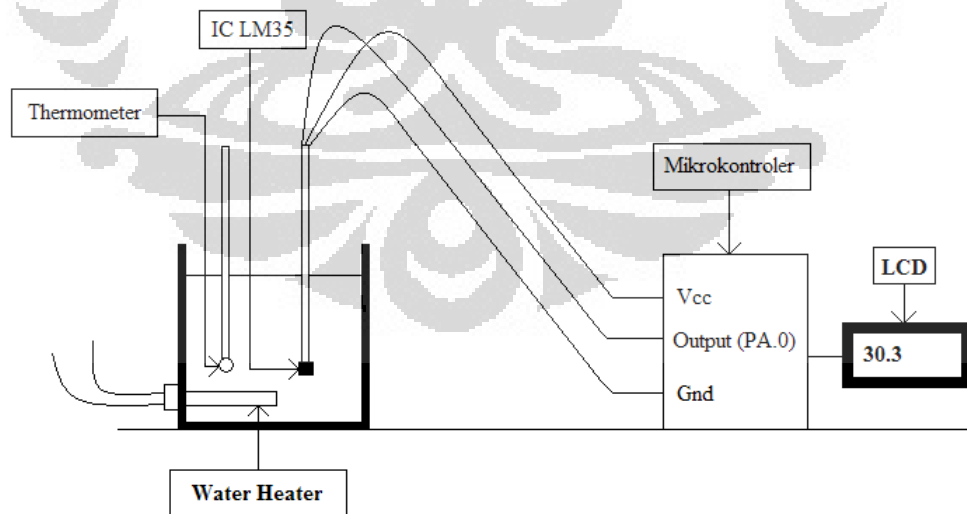
Gambar 4.2. Percobaan Mengukur Nilai Temperatur yang Terbaca oleh LM35 Terhadap Tegangan yang Terukur

Data perbandingan antara suhu LM35 yang tertampil di LCD dengan tegangan yang terbaca pada multimeter serta data perbandingan antara suhu yang terbaca pada termometer dengan suhu yang terbaca pada LM35 dapat di lihat pada lampiran A. Untuk mendapatkan nilai tersebut, penulis melakukan percobaan seperti gambar 4.1. Sensor temperatur (LM35) di celupkan ke dalam tabung. Kemudian air dalam wadah di panaskan sampai temperatur  $100^{\circ}\text{C}$ . Output dari LM35 di paralelkan dengan multimeter agar nilai tegangan yang terukur dapat terlihat pada LCD. Pada gambar 4.2 menunjukkan grafik hubungan antara suhu yang terukur pada LM35 dengan tegangan output LM35.



Gambar 4.3. Grafik Suhu LM35 terhadap Tegangan

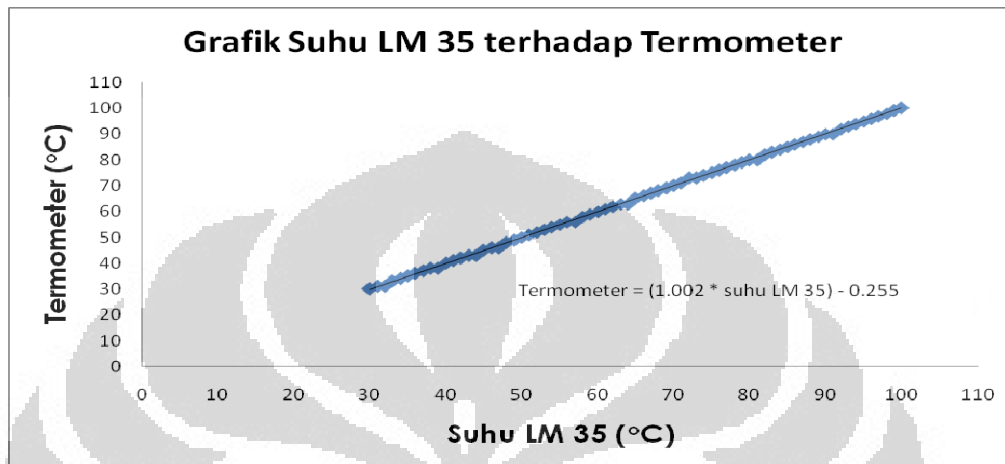
Setelah mendapatkan nilai hubungan antara output tegangan pada IC LM35, kemudian penulis melakukan percobaan berikutnya, yaitu membandingkan nilai temperatur pada LM35 dengan nilai temperatur yang di tunjukkan pada termometer. Percobaan ini dapat di lihat pada gambar 4.3. Pada gambar ini LM35 dan termometer di celupkan ke dalam wadah. Kemudian air di dalam wadah di panaskan sampai temperatur 100°C, sambil di catat nilai temperatur yang terbaca pada LM35 dan termometer.



Gambar 4.4. Percobaan Mengukur Nilai Temperatur yang Terbaca oleh LM35 Terhadap Temperatur yang Terbaca pada Termometer



Dibawah ini merupakan grafik yang menunjukkan perbandingan antara nilai temperature yang terukur pada LM35 dengan nilai temperature yang di tunjukkan pada termometer.



Gambar 4.5. Grafik Suhu LM35 terhadap Suhu Termometer

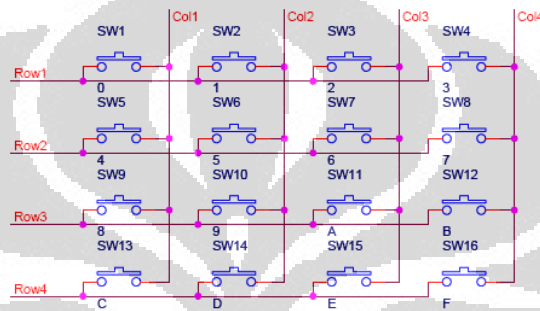
Berdasarkan gambar 4.2 dapat dikatakan bahwa setiap kenaikan 1 °C pada LM35 akan memberikan respon tegangan sebesar  $\pm 10\text{mV}$ . Sedangkan pada gambar 4.4 pembacaan temperatur menggunakan alat ukur termometer bila dibandingkan dengan respon yang diterima oleh LM35 mengalami beberapa perbedaan pengukuran. Hal ini bisa terjadi disebabkan oleh pengkalibrasian nilai  $V_{ref}$  pada ADC atau pemrograman pada mikrokontroler.

### 4.3 Pengujian Keypad

Pada data ini seperti penulis sampaikan pada bab sebelumnya, bahwa akan penulis tampilkan data keypad berupa bit yang terbaca. Dengan memakai multimeter dapat diketahui data yang terhubung ketika tombol ditekan. Seperti yang diketahui keypad ini merupakan kumpulan *push button* yang dijadikan satu.

Keypad yang dipakai adalah matriks 4x4, sehingga ada sedikitnya 16 variasi bit yang mewakili seluruh tombol pada keypad. Dengan menggunakan

multimeter kita dapat mengetahui pada bit berapa tombol pada keypad akan bekerja (on). Saat tombol tertentu pada keypad ditekan, multimeter mengecek satu per satu port pada keypad. Bila hambatannya membesar berarti untuk tombol tersebut kondisi bit-nya bisa kita ketahui dengan metode binary. Pengecekan ini berguna untuk inialisasi data keypad kedalam mikrokontroler. Dapat diperhatikan gambar berikut ini, gambar berikut ini bertujuan supaya dapat melihat mana yang terhubung dengan salah satu *push button*-nya.



Gambar 4.6. hubungan push button dengan wiring

Seperti yang terlihat diatas bahwa keypad memiliki 4 baris dan 4 kolom. Jadi keypad ini memiliki 8 bit. Jika sw1 ditekan maka baris satu akan terhubung dengan kolom 1, selanjutnya perhatikan table berikut.

Tabel 4.1 Data keypad 4x4



Dari data yang terdapat pada table selanjutnya kita dapat melanjutkan pemrograman keypad pada mikrokontroler. Kebanyakan kendala yang dihadapi pada pemrograman keypad adalah salah membaca data binary yang diinisialisasi ke dalam mikrokontroler. Pembacaan data binary di mulai dari sebelah kanan sebanyak 4 bit, kemudian sisa 4 bit sebelah kiri juga dibaca dari sebelah kanan. Jika berhasil menginisialisasi data tersebut ke dalam mikrokontroler, jika kita menekan tombol pada keypad maka tampilan yang muncul di LCD akan sesuai dengan inisialisasi. Berikut adalah daftar table setelah inisialisasi keypad ke mikrokontroler.

*Tabel 4.2 Data tampilan keypad pada Lcd*



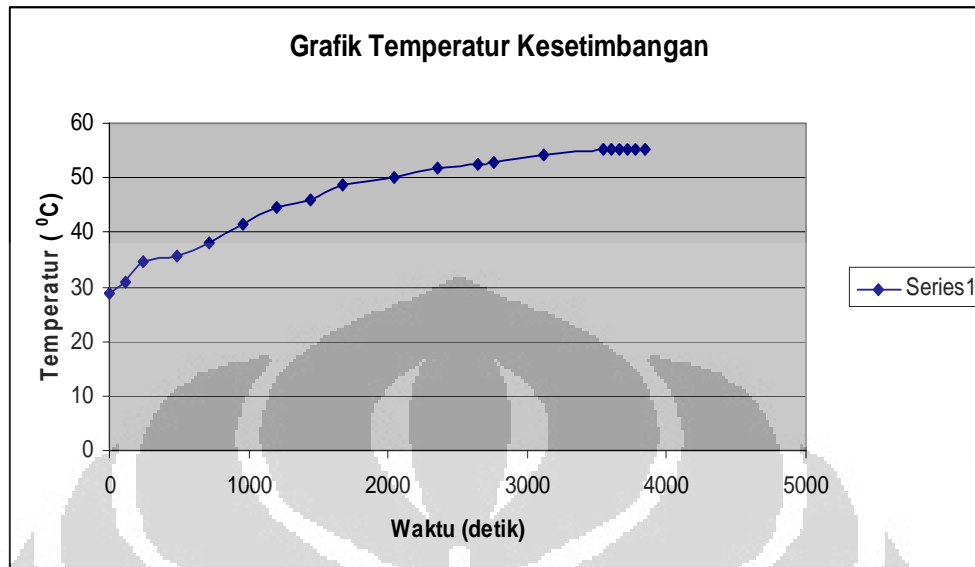
## 4.2 Pengujian Suhu Kesetimbangan

Untuk mendapatkan suhu kesetimbangan dari kedua benda tersebut dimana penulis melakukann penelitian dengan suhu yang sama untuk heater pemanasnya, dimana suhu heater pemanas tersebut stabil misalkan jika kita menginginkan suhu heater  $100^{\circ}\text{C}$  maka heater tersebut harus stabil dengan range  $100^{\circ}\text{C}$ , berikut table kesetimbangan thermal pada medium serabut kayu

*Tabel 4.3 Tabel Kesetimbangan Thermal Pada Medium Serabut Kayu*

Waktu (detik)	Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	28.84
120	30.79
240	34.7
480	35.68
720	38.12
960	41.53
1200	44.48
1440	46.1
1680	48.62
2040	50.01
2358	51.81
2640	52.3
2760	52.79
3120	54.25
3540	55.23
3600	55.23
3660	55.23
3720	55.23
3780	55.23
3840	55.23

Dibawah ini merupakan grafik yang menunjukkan temperatur setimbang.



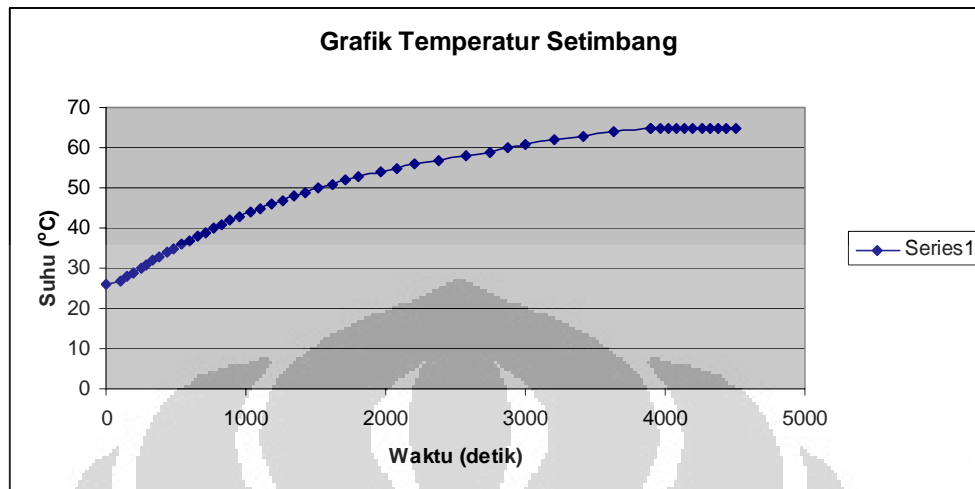
Gambar 4.7. Grafik Temperatur Setimbang

Dan pada pengujian daya hantar kalor secara manual dengan menggunakan zait cair dimana pengujian tersebut dilakukan di Lab UPP IPD UI didapatkan nilai keseimbangan dengan menggunakan isolator yang sama yaitu kayu serabut dan suhu yang dipanaskan kira-kira  $100^{\circ}\text{C}$  dan pada praktikum manual tersebut menggunakan zat cair yang dipanaskan sebagai pemberi kalor serta tembaga yang berfungsi sebagai penerima kalor dengan massa sebesar 569.1 gram

Tabel 4.4 Tabel Kesetimbangan Thermal Pada Medium Serabut Kayu

Waktu (detik)	Temperatur (°C)
0	26
98	27
155	28
201	29
249	30
292	31
337	32
383	33
440	34
486	35
542	36
598	37
650	38
709	39
768	40
830	41
888	42
953	43
1029	44
1103	45
1182	46
1261	47
1346	48
1421	49
1515	50
1615	51
1707	52
1809	53
1962	54
2085	55
2207	56
2380	57
2573	58
2744	59
2876	60
3005	61
3207	62
3419	63
3629	64
3891	65
3900	65
3960	65
4020	65
4080	65
4140	65
4200	65
4260	65
4320	65
4380	65
4440	65
4500	65

Dibawah ini merupakan grafik yang menunjukkan temperatur setimbang.



Gambar 4.8 Grafik Temperatur Setimbang

### 4.3 Pengujian Nilai Gradien

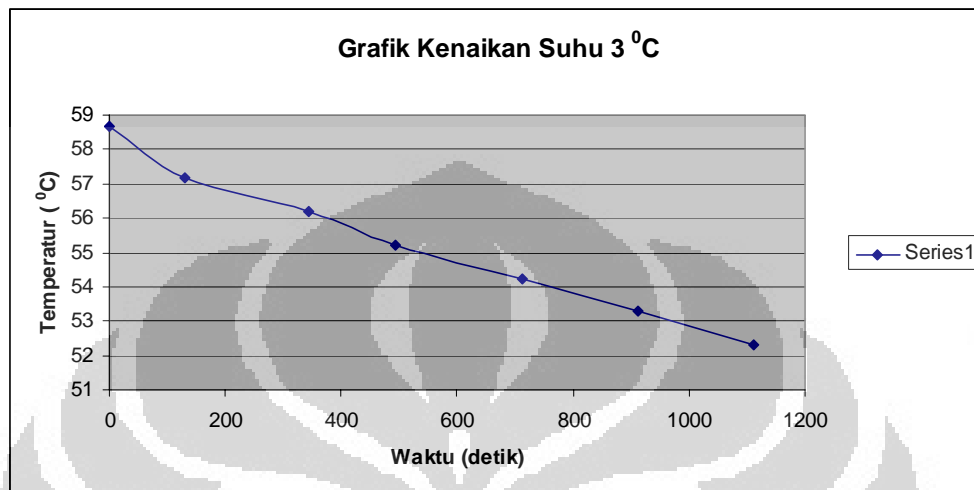
Untuk mendapatkan nilai gradien dari kedua benda tersebut dimana penulis melakukan penelitian dengan suhu yang sama dengan medium yang berbeda

Tabel dibawah ini adalah tabel dan grafik pengambilan data suhu terhadap gradien:

Tabel 4.5 Pengambilan Data Suhu Temperatur Setelah Menambahkan 3 °C terhadap Waktu Untuk Medium Kayu Serabut

Temperatur (°C)	Waktu (detik)
55.67	1
57.18	129
56.21	343
55.23	492
54.25	711
53.27	911
52.3	1111

Dibawah ini merupakan grafik Suhu Ketika Terdapat Kenaikan Suhu Sebesar 3 °C pada percobaan otomatis.



Gambar 4.9 Grafik Suhu Setelah Menambahkan Kalor Sebesar 3 °C

Dari data tersebut diketahui bahwa massa berat tembaga 1744 gram, dengan ketebalan benda isolator 2 mm dengan medium isolator adalah serabut kayu, kalor yang disetting sebesar 100 °C untuk pemanasnya atau sumber kalor yang diingikan, dimana ketika sumber kalor merambat ke medium tembaga dengan diantaranya terdapat isolator kayu serabut maka didapatkan nilai keseimbangan sebesar 55.23 °C lalu setelah mendapat nilai kesetimbangan thermal maka medium tembaga tersebut dipanaskan kembali sebesar 3 °C tanpa ada penghalang isolator (pemanasan langsung oleh sumber kalor) ketika sudah dinaikkan maka dicarilah gradien tersebut dengan menggunakan rumus  $= \frac{dT}{dt}$ , maka dapat diketahui nilai rata-rata gradien sebesar 0.0004864212

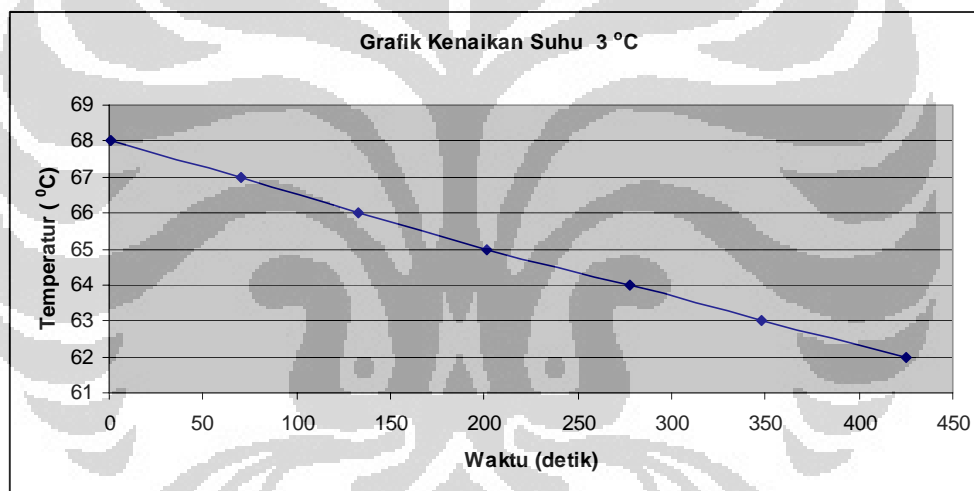
Dan pada pengujian daya hantar kalor secara manual dengan menggunakan zait cair dimana pengujian tersebut dilakukan di Lab UPP IPD UI didapatkan nilai gradien dengan menggunakan isolator yang sama yaitu kayu serabut



Tabel 4.6 Pengambilan Data Suhu Temperatur Setelah Kenaikan Kalor 3 °C terhadap Waktu Untuk Medium Kayu Serabut

Temperatur (°C)	Waktu (detik)
68	1
67	70
66	133
65	201
64	278
63	348
62	425

Dibawah ini merupakan grafik Suhu Ketika Terdapat Kenaikan Suhu Sebesar 3 °C pada percobaan manual.



Gambar 4.10 Grafik Suhu Kenaikan Kalor Sebesar 3 °C

maka didapatkan nilai keseimbangan sebesar 65 °C lalu setelah mendapat nilai kesetimbangan thermal maka medium tembaga tersebut dipanaskan kembali sebesar 3 °C tanpa ada penghalang isolator (pemanasan langsung oleh sumber kalor) ketika sudah dinaikkan maka dicarilah gradien tersebut dengan menggunakan rumus  $= \frac{dT}{dt}$ , maka dapat diketahui nilai rata-rata gradien sebesar 0.0142133

#### 4.5 Pengujian Nilai Konduktivitas Panas

Untuk mengukur nilai konduktivitas panas pada serabut Kayu dilakukan percobaan, dimana setiap kali percobaan sensor LM35 mengambil data temperatur sebanyak 6 kali per penurunan 1 °C. Pengambilan data tersebut dilakukan untuk mendapatkan faktor gradien rata-rata..

Berikut adalah hasil dari percobaan yang penulis lakukan

Tabel 4.7 Pengujian Nilai Konduktivitas Panas ( $k$ ) pada Kayu Serabut

Suhu Ke-	Waktu (detik)	Temperatur (°C)
T0	1	58.67
T1	129	57.18
T2	343	56.21
T3	492	55.23
T4	711	54.25
T5	911	53.27
T6	1111	52.3

Diketahui dari tabel tersebut didapatkan nilai gradien yaitu 0.0004864212  
Dengan massa sebesar 1744 gram dan luas penampang sebesar 6237 mm<sup>2</sup>

Dimana untuk mencari sebuah nilai  $k$  didapat dari 2 persamaan yaitu

$$1. \frac{dQ}{dt} = kA \frac{\Delta T}{d}$$

$$2. \frac{dQ}{dt} = mc \frac{dT}{dt}$$

lalu dicari persamaan tersebut untuk mencari nilai koefisien konduktivitas ( $k$ )

$$\frac{dQ}{dt} = kA \frac{\Delta T}{d}$$

$$mc \frac{dT}{dt} = kA \frac{\Delta T}{d}$$

$$k = mc \left( \frac{dT}{dt} \right) \frac{d}{A \Delta T}$$

$$k = mc \left( \frac{dT}{dt} \right) \frac{d}{A(T_1 - T_2)}$$

Dimana :

k = koefisien konduktivitas (kal/msK)

m = massa penerima (gram)

c = massa jenis penerima (kal/g.K)

d = diameter (mm)

A = luas penampang (mm<sup>2</sup>)

$$k = mc \left( \frac{dT}{dt} \right) \frac{d}{A(T_1 - T_2)}$$

$$k = 4.550314 \text{ kal/smmK}$$

$$k = 4.550314 \times 10^{-3} \text{ kal/smK}$$

$$k = 1.911 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Tabel 4.8 Pengujian Nilai Konduktivitas Panas (k) pada Kayu Serabut

Suhu Ke-	Waktu (detik)	Temperatur (°C)
T0	1	68
T1	70	67
T2	133	66
T3	201	65
T4	278	64
T5	348	63
T6	425	62

$$k = mc \left( \frac{dT}{dt} \right) \frac{d}{A(T_1 - T_2)}$$

Dengan massa sebesar 5691.1 gram dan luas penampang sebesar 1061.32 mm<sup>2</sup> maka didapat nilai koefisiennya adalah

$$k = mc \left( \frac{dT}{dt} \right) \frac{d}{A(T_1 - T_2)}$$

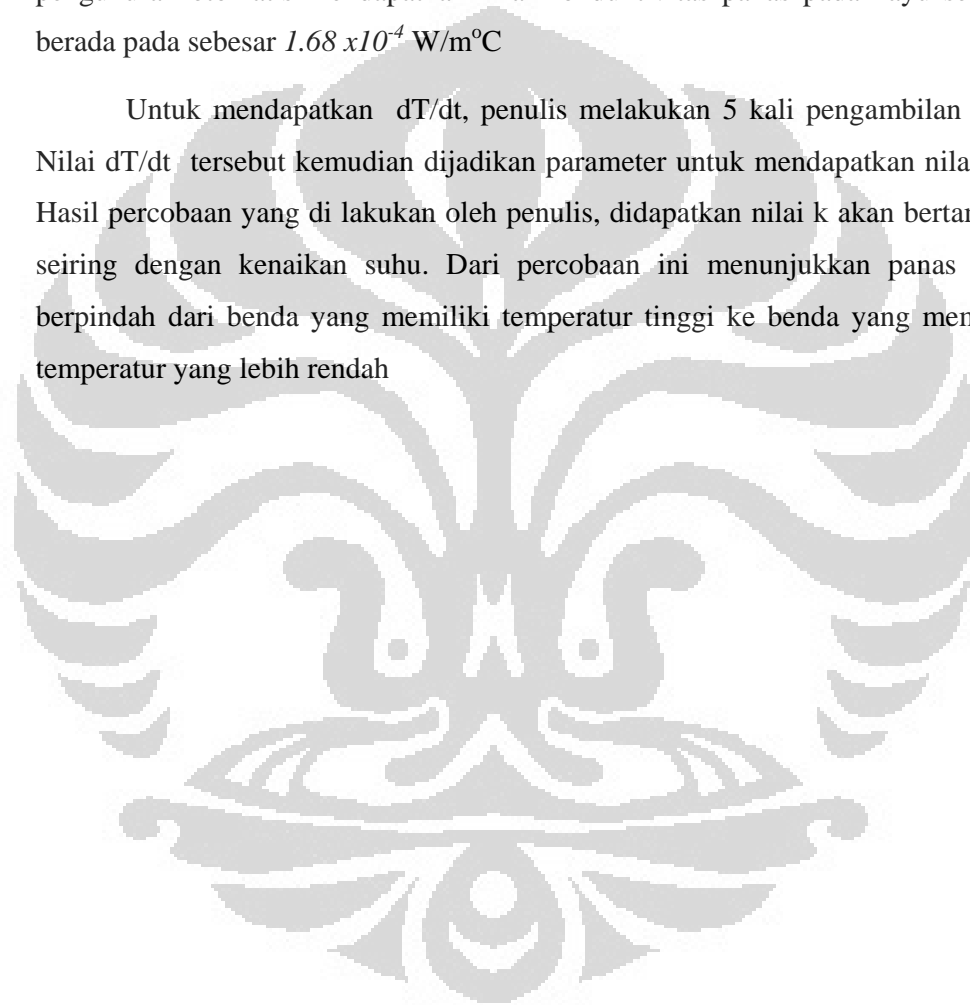
$$k = 4.005 \times 10^{-3} \text{ kal/smmK}$$

$$k = 4.005 \times 10^{-6} \text{ kal/smK}$$

$$k = 1.68 \times 10^{-4} \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Berdasarkan percobaan yang telah penulis lakukan nilai konduktivitas panas pada kayu dalam pengukuran di gunakan kayu jenis serabut-serabut kayu/ hostic. Pada percobaan ini penulis melakukan pengambilan data dilakukan dengan 2 cara yaitu manual yang berda di Lab UPP IPD dan otomatis dengan menggunakan alat proyek. Dan di dapatkan nilai konduktivitas panas pada kayu serabut berada pada sebesar  $1.911 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  untuk pengukuran otomatis. Dan untuk pengukuran otomatis mendapatkan nilai konduktivitas panas pada kayu serabut berada pada sebesar  $1.68 \times 10^{-4} \text{ W/m}^\circ\text{C}$

Untuk mendapatkan  $dT/dt$ , penulis melakukan 5 kali pengambilan data. Nilai  $dT/dt$  tersebut kemudian dijadikan parameter untuk mendapatkan nilai 'k'. Hasil percobaan yang di lakukan oleh penulis, didapatkan nilai k akan bertambah seiring dengan kenaikan suhu. Dari percobaan ini menunjukkan panas akan berpindah dari benda yang memiliki temperatur tinggi ke benda yang memiliki temperatur yang lebih rendah



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan perancangan sistem serta melakukan pengujian terhadap sistem tersebut, maka penulis dapat menarik suatu kesimpulan bahwa:

1. Keseimbangan kalor terjadi ketika dua benda dalam keadaan kontak kalor menukarkan kalor dalam jumlah yang sama
2. Berdasarkan percobaan yang telah penulis lakukan nilai konduktivitas panas pada kayu serabut dilakukan dengan melakukan percobaan manual dan otomatis dimana pada percobaan otomatis didapatkan nilai koefisien sebesar  $1.911 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  dan percobaan manual sebesar  $1.68 \times 10^{-4} \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ . Terdapat perbedaan nilai koefisien dikarenakan pada percobaan manual menggunakan media zat cair serta massa tembaga nya berbeda dengan massa tembaga di percobaan otomatis

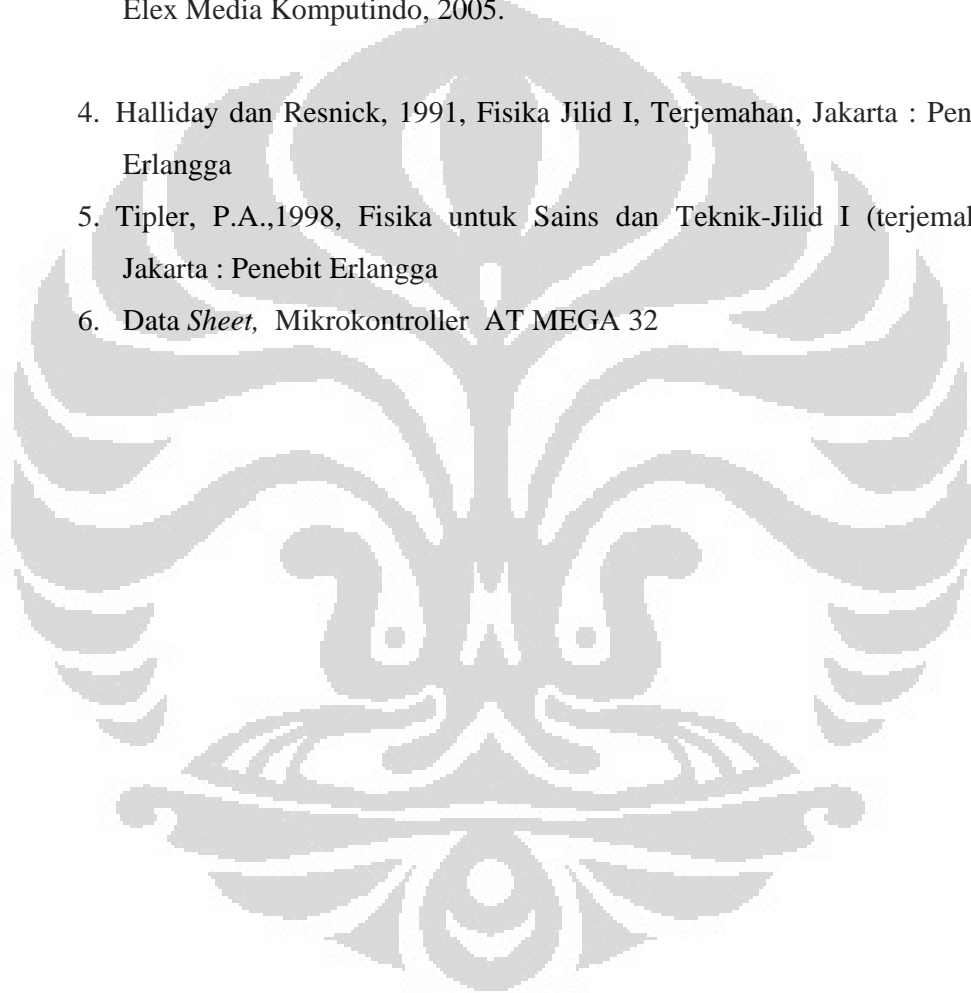
#### 5.2 Saran

Beberapa gagasan maupun saran yang dapat penulis berikan setelah melakukan penelitian tugas akhir ini, agar hasil penelitian dapat dilakukan sebagai penelitian lanjutan dengan hasil yang lebih sempurna. Berikut beberapa saran dari penulis:

1. Pergunakan sensor temperatur yang berkualitas baik agar memperoleh hasil yang lebih baik.
2. Dibutuhkan suatu pelindung sensor yang baik, yang tidak mempengaruhi kemampuan sensor untuk mengindera agar suhu disekeliling tidak mempengaruhi sensor tersebut
3. Percobaan sebaiknya lebih banyak lagi dengan jenis benda yang berbeda dan jenis penampang yang luasnya berbeda pula sehingga dapat diketahui bahwa nilai koefisiennya pasti berbeda-beda.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Data *Sheet*, IC LM35
2. Giancoli, Douglas C., 2001, Fisika Jilid I (terjemahan), Jakarta : Penerbit Erlangga
3. Suharta, Aplikasi Mikrokontroler sebagai Pengendali Peralatan Elektronik, Elex Media Komputindo, 2005.
4. Halliday dan Resnick, 1991, Fisika Jilid I, Terjemahan, Jakarta : Penerbit Erlangga
5. Tipler, P.A.,1998, Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan), Jakarta : Penerbit Erlangga
6. Data *Sheet*, Mikrokontroler AT MEGA 32





# LAMPIRAN

```

$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 11059200
$baud = 38400
$hwstack = 32
$swstack = 10
$framesize = 40

Mcsr = &H80
Mcsr = &H80

Config Porta = Output
Config Pina.0 = Input
Config Pina.1 = Input
Config Pina.2 = Input
Config Pina.3 = Input
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

Ssr_heater Alias Porta.7
Config Porta = 0
Reset Ssr_heater

Config Portb = Input
Config Kbd = Portb

Config Portc = Output
Config Pinc.0 = Input
Config Pinc.1 = Input
Config Pinc.2 = Input
Config Pinc.3 = Input

Limit_ver_atas Alias Pinc.0
Limit_hor_blk Alias Pinc.1
Limit_ver_bwh Alias Pinc.2
Limit_hor_dpn Alias Pinc.3
M_h_d Alias Portc.4
M_h_b Alias Portc.5
M_v_a Alias Portc.6
M_v_b Alias Portc.7

Portc = &B00001111

Config Portd = Output
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portd.4 , Db5 = Portd.5 , Db6 = Portd.6 , Db7 = Portd.7 , E
= Portd.3 , Rs = Portd.2
Config Lcd = 20 * 4
Cursor Off Noblink

Config Timer0 = Timer , Prescale = 8
On Ovf0 Time_base
Enable Interrupts
Enable Ovf0

Deflcdchar 0 , 12 , 18 , 18 , 12 , 32 , 32 , 32 , 32      'Derajat

```



```

Deflcdchar 1 , 12 , 18 , 2 , 12 , 16 , 30 , 32 , 32      'Kuadrat
Deflcdchar 2 , 32 , 32 , 28 , 18 , 18 , 28 , 16 , 16  'P BAWAH(penerima)
Deflcdchar 3 , 32 , 32 , 12 , 18 , 16 , 22 , 18 , 12  'G BAWAH(gabus)
Deflcdchar 4 , 32 , 32 , 32 , 18 , 18 , 30 , 18 , 18  'H bwh
Deflcdchar 5 , 32 , 32 , 32 , 30 , 16 , 30 , 2 , 30   'S bwh
Deflcdchar 6 , 7 , 5 , 23 , 1 , 7 , 32 , 32 , 32      'pangkat -9

```

```

Declare Sub Wait_keypad
Declare Sub Buffer_data
Declare Sub Pid_auto
Declare Sub Pid_man

```

```

Dim Keypad As Byte
Dim O_keypad As Byte
Dim S_keypad As String * 1
Dim Buffer_keypad As String * 16
Dim Bit_selesai As Bit
Dim Bit_back As Bit
Dim Do_loop As Bit
Dim Buf_lcd As String * 10

```

```

Dim W_temp_heater As Word
Dim Temp_heater As Single
Dim W_temp_tembaga As Word
Dim Temp_tembaga As Single
Dim Temp_tembaga_old As Single
Dim Temp_setimbang As Single
Dim Temp_tembaga_r As Single

```

```

Dim Ep_single As Single
Dim Ep_mp As Eram Single At &H00
Dim Ep_cp As Eram Single At &H04
Dim Ep_ap As Eram Single At &H08
Dim Ep_dg As Eram Single At &H0C

```

```

Dim Ep_set_heater As Eram Single At &H10

```

```

Dim Cek_30s As Byte
Dim Cek_1m As Byte
Dim Ep_byte As Byte
Dim Ep_pid_manual As Eram Byte At &H100
Dim Ep_tembaga_setimbang As Eram Single At &H14

```

```

Dim Nilai_temp_old As Single
Dim Periode_1s_flag As Bit
Dim Periode_1s As Byte
Dim Periode_10ms As Byte
Dim Error As Single
Dim Error_old As Single
Dim Waktu As Word
Dim Stop_flag As Bit
Dim Nilai_temp As Single
Dim Sigma_error_kp As Single

```

Const Res\_temp = 0.488758553  
Const Kp = 0.5  
Const Ti = 2  
Const Td = 0.2

Dim Sp As Single  
Dim Pv As Single  
Dim Mv As Single

Dim Batas\_atas As Single  
Dim Batas\_bawah As Single  
Dim Temperature As Single  
Dim Mv\_p As Single  
Dim Mv\_i As Single  
Dim Mv\_d As Single  
Dim Wind\_up\_limit As Single  
Dim Delta\_error As Single  
Dim Set\_heater As Single

Dim Power\_heater As Byte  
Dim Conversion\_flag As Bit  
Dim Mv\_var As Byte  
Dim Bit\_stop\_pid As Bit

Dim Batas\_delta\_t0 As Single  
Dim Batas\_delta\_t1 As Single  
Dim Batas\_delta\_t2 As Single  
Dim Batas\_delta\_t3 As Single  
Dim Batas\_delta\_t4 As Single  
Dim Batas\_delta\_t5 As Single  
Dim Batas\_delta\_t6 As Single  
Dim Batas\_delta\_t7 As Single  
Dim Batas\_delta\_t8 As Single  
Dim Batas\_delta\_t9 As Single  
Dim Batas\_delta\_t10 As Single  
Dim Batas\_delta\_t11 As Single

Dim Ep\_batas\_del\_t0 As Eram Single At &H18  
Dim Ep\_batas\_del\_t1 As Eram Single At &H1C  
Dim Ep\_batas\_del\_t2 As Eram Single At &H20  
Dim Ep\_batas\_del\_t3 As Eram Single At &H24  
Dim Ep\_batas\_del\_t4 As Eram Single At &H28  
Dim Ep\_batas\_del\_t5 As Eram Single At &H2C  
Dim Ep\_batas\_del\_t6 As Eram Single At &H30  
Dim Ep\_batas\_del\_t7 As Eram Single At &H34  
Dim Ep\_batas\_del\_t8 As Eram Single At &H38  
Dim Ep\_batas\_del\_t9 As Eram Single At &H3C  
Dim Ep\_batas\_del\_t10 As Eram Single At &H40  
Dim Ep\_batas\_del\_t11 As Eram Single At &H44

Dim Second0 As Eram Word At &H48  
Dim Second1 As Eram Word At &H4C

Dim Second2 As Eram Word At &H50  
 Dim Second3 As Eram Word At &H54  
 Dim Second4 As Eram Word At &H58  
 Dim Second5 As Eram Word At &H5C  
 Dim Second6 As Eram Word At &H60

Dim Second7 As Eram Word At &H64  
 Dim Second8 As Eram Word At &H68  
 Dim Second9 As Eram Word At &H6C  
 Dim Second10 As Eram Word At &H70  
 Dim Second11 As Eram Word At &H74

Dim Gradien1 As Eram Single At &H78  
 Dim Gradien2 As Eram Single At &H7C  
 Dim Gradien3 As Eram Single At &H80  
 Dim Gradien4 As Eram Single At &H84  
 Dim Gradien5 As Eram Single At &H88  
 Dim Gradien6 As Eram Single At &H8C  
 Dim Gradien7 As Eram Single At &H90  
 Dim Gradien8 As Eram Single At &H94  
 Dim Gradien9 As Eram Single At &H98  
 Dim Gradien10 As Eram Single At &H9C  
 Dim Gradien11 As Eram Single At &HA0

Dim Gradien\_rata2 As Eram Single At &HA4  
 Dim Sigma\_gradien As Single

Dim Waktu0 As Word  
 Dim Waktu1 As Word  
 Dim Delta\_waktu As Word  
 Dim Suhu0 As Single  
 Dim Suhu1 As Single  
 Dim Delta\_suhu As Single  
 Dim Gradien As Single

Dim M As Single  
 Dim C As Single  
 Dim D As Single  
 Dim A As Single  
 Dim Suhu As Single  
 Dim Dt\_per\_dt As Single  
 Dim Koef As Single

'Awal Program 'Awal Program 'Awal Program 'Awal Program 'Awal Program

Keamanan:

Reset Ssr\_heater

Stop Adc

Stop Timer0

Locate 1 , 1 : Lcd "\*\*\*\*\*"

Locate 2 , 1 : Lcd "\* Load Position \*"

Locate 3 , 1 : Lcd "\* Mesin \*"

Locate 4 , 1 : Lcd "\*\*\*\*\*"





```

Locate 1 , 1 : Lcd Buffer_keypad ; "gr"
Loop Until Do_loop = 1

If Bit_selesai = 1 Then
Locate 1 , 1 : Lcd "Data massa penerima "
Locate 2 , 1 : Lcd "          "
Locate 2 , 1 : Lcd "lama: " ; Buf_lcd ; "gr"

Ep_single = Val(buffer_keypad)
Ep_mp = Ep_single
Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.##")

Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "baru: " ; Buf_lcd ; "gr"
Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey          "
Call Wait_keypad
Goto Menu2
End If

If Bit_back = 1 Then
Locate 1 , 1 : Lcd "Data massa penerima "
Locate 2 , 1 : Lcd "Tidak diubah yaitu "
Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "cm" ; Chr(2)
Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey          "
Call Wait_keypad
Goto Menu2
End If
Goto Change_mp
'-----
=====
Change_cp:
Ep_single = Ep_cp
Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.####")

Locate 1 , 1 : Lcd "          "
Locate 1 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "kal/gr.K"
Locate 2 , 1 : Lcd "Dt klr jenis penrima"
Locate 3 , 1 : Lcd "A:Enter | B:Back          "
Locate 4 , 1 : Lcd "C:Clear/Ulang D:[.] "

Buffer_keypad = ""
Do_loop = 0
Bit_selesai = 0
Bit_back = 0
Do
Call Buffer_data
Locate 1 , 1 : Lcd "          "
Locate 1 , 1 : Lcd Buffer_keypad ; "kal/gr.K"
Loop Until Do_loop = 1

If Bit_selesai = 1 Then
Locate 1 , 1 : Lcd "Dt klr jenis penrima"

```

```

Locate 2 , 1 : Lcd "          "
Locate 2 , 1 : Lcd "lama: " ; Buf_lcd ; "kal/gr.K"

Ep_single = Val(buffer_keypad)
Ep_cp = Ep_single
Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.####")

Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "baru: " ; Buf_lcd ; "kal/gr.K"
Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey          "
Call Wait_keypad
Goto Menu2
End If

If Bit_back = 1 Then
  Locate 1 , 1 : Lcd "Dt klr jenis penrima"
  Locate 2 , 1 : Lcd "Tidak diubah yaitu "
  Locate 3 , 1 : Lcd "          "
  Locate 3 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "kal/gr.K"
  Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey          "
  Call Wait_keypad
  Goto Menu2
End If
Goto Change_cp
'-----
=====
Change_ap:
Ep_single = Ep_ap
Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.####")

Locate 1 , 1 : Lcd "          "
Locate 1 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "mm" ; Chr(1)
Locate 2 , 1 : Lcd "Dt penampang penrima"
Locate 3 , 1 : Lcd "A:Enter | B:Back          "
Locate 4 , 1 : Lcd "C:Clear/Ulang D:[.]          "

Buffer_keypad = ""
Do_loop = 0
Bit_selesai = 0
Bit_back = 0
Do
  Call Buffer_data
  Locate 1 , 1 : Lcd "          "
  Locate 1 , 1 : Lcd Buffer_keypad ; "mm" ; Chr(1)
Loop Until Do_loop = 1

If Bit_selesai = 1 Then
  Locate 1 , 1 : Lcd "Dt penampang penrima"
  Locate 2 , 1 : Lcd "          "
  Locate 2 , 1 : Lcd "lama: " ; Buf_lcd ; "mm" ; Chr(1)

Ep_single = Val(buffer_keypad)
Ep_ap = Ep_single

```

```

Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.###")

Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "baru: " ; Buf_lcd ; "mm" ; Chr(1)
Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey          "
Call Wait_keypad
Goto Menu2
End If

If Bit_back = 1 Then
  Locate 1 , 1 : Lcd "Dt penampang penrima"
  Locate 2 , 1 : Lcd "Tidak diubah yaitu "
  Locate 3 , 1 : Lcd "          "
  Locate 3 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "mm" ; Chr(1)
  Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey          "
  Call Wait_keypad
  Goto Menu2
End If
Goto Change_ap
'-----
-----
Change_dg:
Ep_single = Ep_dg
Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.###")

Locate 1 , 1 : Lcd "          "
Locate 1 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "mm"
Locate 2 , 1 : Lcd "Data tebal gabus          "
Locate 3 , 1 : Lcd "A:Enter | B:Back          "
Locate 4 , 1 : Lcd "C:Clear/Ulang D:[.]          "

Buffer_keypad = ""
Do_loop = 0
Bit_selesai = 0
Bit_back = 0
Do
  Call Buffer_data
  Locate 1 , 1 : Lcd "          "
  Locate 1 , 1 : Lcd Buffer_keypad ; "mm"
Loop Until Do_loop = 1

If Bit_selesai = 1 Then
  Locate 1 , 1 : Lcd "Data tebal gabus          "
  Locate 2 , 1 : Lcd "          "
  Locate 2 , 1 : Lcd "lama: " ; Buf_lcd ; "mm"

  Ep_single = Val(buffer_keypad)
  Ep_dg = Ep_single
  Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.###")

  Locate 3 , 1 : Lcd "          "
  Locate 3 , 1 : Lcd "baru: " ; Buf_lcd ; "mm"
  Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey          "

```



```

Call Wait_keypad
Goto Menu2
End If

If Bit_back = 1 Then
  Locate 1 , 1 : Lcd "Data tebal gabus  "
  Locate 2 , 1 : Lcd "Tidak diubah yaitu "
  Locate 3 , 1 : Lcd "                "
  Locate 3 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "mm"
  Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey      "
  Call Wait_keypad
  Goto Menu2
End If
Goto Change_dg

Change_temp_heater:
Ep_single = Ep_set_heater
Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.##")

Locate 1 , 1 : Lcd "                "
Locate 1 , 1 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Locate 2 , 1 : Lcd "data setting heater "
Locate 3 , 1 : Lcd "A:Enter | B:Back  "
Locate 4 , 1 : Lcd "C:Clear/Ulang D:[.] "

Buffer_keypad = ""
Do_loop = 0
Bit_selesai = 0
Bit_back = 0
Do
  Call Buffer_data
  Locate 1 , 1 : Lcd "                "
  Locate 1 , 1 : Lcd Buffer_keypad ; Chr(0) ; "C"
Loop Until Do_loop = 1

If Bit_selesai = 1 Then
  Locate 1 , 1 : Lcd "data setting heater "
  Locate 2 , 1 : Lcd "                "
  Locate 2 , 1 : Lcd "lama: " ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

  Ep_single = Val(buffer_keypad)
  Ep_set_heater = Ep_single
  Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.##")

  Locate 3 , 1 : Lcd "                "
  Locate 3 , 1 : Lcd "baru: " ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
  Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey      "
  Call Wait_keypad
  Goto Menu2
End If

If Bit_back = 1 Then
  Locate 1 , 1 : Lcd "data setting heater "

```



```

Locate 3 , 1 : Lcd Buf_lcd ; "Byte"
Locate 4 , 1 : Lcd "pres anykey      "
Call Wait_keypad
Goto Menu4
End If
Goto Pid_manual
Poses_pid_manual:
Buf_lcd = Str(power_heater)
Locate 1 , 1 : Lcd "Proses PID Manual  "
Locate 2 , 1 : Lcd "P Heater  : " ; Buf_lcd ; "%"
Locate 3 , 1 : Lcd "Temp Heater:      "
Locate 4 , 1 : Lcd "Pres C to stop      "

Ep_byte = Ep_pid_manual
Power_heater = Ep_byte
Set_heater = Ep_set_heater

Bit_stop_pid = 0
Start Adc
Timer0 = 0
Start Timer0
Do
If Periode_1s_flag = 1 Then
W_temp_heater = Getadc(0)
Temp_heater = W_temp_heater * Res_temp
Error = Temp_heater - Set_heater

Call Pid_man

Buf_lcd = Fusing(temp_heater , "#.#")
Locate 3 , 13 : Lcd "      "
Locate 3 , 13 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
End If

Keypad = Getkbd()

If Keypad = 16 Then
NOP
Elseif Keypad = 14 Then      'neken C
Bit_stop_pid = 1
Else                          'any key
nop
End If
Loop Until Bit_stop_pid = 1

Stop Adc
Stop Timer0
Reset Ssr_heater

Call Wait_keypad
Goto Menu4

```



```

Locate 4 , 1 : Lcd "Pres C to stop  "

Ep_single = Ep_set_heater
Buf_lcd = Fusing(ep_single , "#.#")

Locate 2 , 13 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

Start Adc
Start Timer0

Error = 0
Sigma_error_kp = 0
Waktu = 0
Set_heater = Ep_set_heater

Batas_atas = Set_heater + 1
Batas_bawah = Set_heater - 1

Bit_stop_pid = 0
Do
If Periode_1s_flag = 1 Then
  W_temp_heater = Getadc(0)          '0-1023
  Temp_heater = W_temp_heater * Res_temp

  Call Pid_auto

  Buf_lcd = Fusing(temp_heater , "#.#")
  Locate 3 , 13 : Lcd "      "
  Locate 3 , 13 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
  Locate 4 , 1 : Lcd "      "
  Locate 4 , 1 : Lcd "MV:" ; Mv_var

  If Temp_heater < Batas_atas Then
    If Temp_heater > Batas_bawah Then
      Waktu = Waktu + 1
      If Waktu = 60 Then
        Bit_stop_pid = 1
      End If
    Else
      Waktu = 0
    End If
  Else
    Waktu = 0
  End If
End If

Keypad = Getkbd()
If Keypad = 16 Then
  NOP
Elseif Keypad = 14 Then          'neken C
  Bit_stop_pid = 1
Else                              'any key
  nop

```



```

Call Pid_auto

Buf_lcd = Fusing(temp_heater , "#.#")
Locate 3 , 13 : Lcd "      "
Locate 3 , 13 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

Locate 4 , 1 : Lcd "      "
Locate 4 , 1 : Lcd Waktu ; "S " ; Mv ; "% "

Temp_heater = Round(temp_heater)

If Temp_heater > Batas_bawah Then
  If Temp_heater < Batas_atas Then
    Waktu = Waktu + 1
    If Waktu = 30 Then
      Bit_stop_pid = 1
    End If
  Else
    Waktu = 0
  End If
Else
  Waktu = 0
End If

Keypad = Getkbd()
If Keypad = 16 Then
  NOP
Elseif Keypad = 14 Then
  Goto Keamanan
Elseif Keypad = 15 Then
  Call Wait_keypad
  Bit_stop_pid = 1
Else
  nop
End If
'neken C
'neken D
'any key
Loop Until Bit_stop_pid = 1

Locate 1 , 1 : Lcd "2.Heater telah panas"
Locate 2 , 1 : Lcd "membuat posisi pada "
Locate 3 , 1 : Lcd "proses pemanasan Cu "
Locate 4 , 1 : Lcd "sampai setimbang "

Portc = &B00001111

Set M_h_d
Bitwait Limit_hor_dpn , Reset
Reset M_h_d

Set M_v_b
Bitwait Limit_ver_bwh , Reset
Reset M_v_b

```

```

Portc = &B00001111

Locate 1 , 1 : Lcd "3.Wait Cu setimbang "
Locate 2 , 1 : Lcd "Temp htr :      "
Locate 3 , 1 : Lcd "Temp Cu :      "
Locate 4 , 1 : Lcd "waktu stm:      "

Waktu = 0
Bit_stop_pid = 0

Do
If Periode_1s_flag = 1 Then
  W_temp_tembaga = Getadc(1)
  Temp_tembaga = W_temp_tembaga * Res_temp

  W_temp_heater = Getadc(0)
  Temp_heater = W_temp_heater * Res_temp

  Call Pid_auto

  Buf_lcd = Fusing(temp_heater , "#.#")
  Locate 2 , 11 : Lcd "      "
  Locate 2 , 11 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

  Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
  Locate 3 , 11 : Lcd "      "
  Locate 3 , 11 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

  Locate 4 , 11 : Lcd "      "
  Locate 4 , 11 : Lcd Waktu

  Temp_tembaga = Round(temp_tembaga)

  If Temp_tembaga = Temp_tembaga_old Then
    Waktu = Waktu + 1
    If Waktu = 300 Then
      Bit_stop_pid = 1
    End If
  Else
    Temp_tembaga_old = Temp_tembaga
    Waktu = 0
  End If
End If

Keypad = Getkbd()
If Keypad = 16 Then
  NOP
Elseif Keypad = 14 Then
  Goto Keamanan
Elseif Keypad = 15 Then
  Bit_stop_pid = 1
Else
  nop
endif

```



```

End If
Loop Until Bit_stop_pid = 1

Ep_tembaga_setimbang = Temp_tembaga

Locate 1 , 1 : Lcd "4.Melepas konduktor "
Locate 2 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 4 , 1 : Lcd "          "

Portc = &B00001111
Set M_v_a
Bitwait Limit_ver_atas , Reset
Reset M_v_a

Set M_h_b
Bitwait Limit_hor_blk , Reset
Reset M_h_b

Set M_v_b
Bitwait Limit_ver_bwh , Reset
Reset M_v_b
Portc = &B00001111

Temp_tembaga = Ep_tembaga_setimbang
Batas_atas = Temp_tembaga + 3

Locate 1 , 1 : Lcd "4.menunggu Cu naik "
Locate 2 , 1 : Lcd "3 derajat celsius "
Locate 3 , 1 : Lcd "Ts :          "
Locate 4 , 1 : Lcd "T Cu :          "

Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
Locate 3 , 7 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

Bit_stop_pid = 0
Do
  If Periode_1s_flag = 1 Then
    W_temp_heater = Getadc(0)
    Temp_heater = W_temp_heater * Res_temp

    Call Pid_auto

    W_temp_tembaga = Getadc(1)
    Temp_tembaga = W_temp_tembaga * Res_temp

    Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
    Locate 4 , 7 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

    If Temp_tembaga > Batas_atas Then
      Bit_stop_pid = 1
    End If
  End If
End Do
End If

```

```

Keypad = Getkbd()
If Keypad = 16 Then
  NOP
Elseif Keypad = 14 Then
  Goto Keamanan
Elseif Keypad = 15 Then
  Bit_stop_pid = 1
Else
  'neken C
  'neken D
  'any key
  nop
End If
Loop Until Bit_stop_pid = 1

Locate 1, 1 : Lcd "5.mencari dT/dt "
Locate 2, 1 : Lcd "T0:--" ; Chr(0) ; "C t0:--s"
Locate 3, 1 : Lcd "T Cu : "
Locate 4, 1 : Lcd "delta t: "

Portc = &B00001111
Set M_v_a
Bitwait Limit_ver_atas, Reset
Reset M_v_a

Set M_h_d
Bitwait Limit_hor_dpn, Reset
Reset M_h_d

Portc = &B00001111

W_temp_tembaga = Getadc(1)
Temp_tembaga = W_temp_tembaga * Res_temp

Temp_tembaga = Round(temp_tembaga)
Batas_delta_t0 = Temp_tembaga
Batas_delta_t1 = Temp_tembaga - 0.5
Batas_delta_t2 = Temp_tembaga - 1
Batas_delta_t3 = Temp_tembaga - 1.5
Batas_delta_t4 = Temp_tembaga - 2
Batas_delta_t5 = Temp_tembaga - 2.5
Batas_delta_t6 = Temp_tembaga - 3
Batas_delta_t7 = Temp_tembaga - 3.5
Batas_delta_t8 = Temp_tembaga - 4
Batas_delta_t9 = Temp_tembaga - 4.5
Batas_delta_t10 = Temp_tembaga - 5
Batas_delta_t11 = Temp_tembaga - 5.5

Waktu = 0
Bit_stop_pid = 0

Do
  Reset Ssr_heater
  If Periode_1s_flag = 1 Then
    Periode_1s_flag = 0
  
```

```

W_temp_tembaga = Getadc(1)
Temp_tembaga = W_temp_tembaga * Res_temp

Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
Locate 3 , 9 : Lcd Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"

Waktu = Waktu + 1
Locate 4 , 9 : Lcd Waktu ; "s"

Temp_tembaga_r = Round(temp_tembaga)

If Temp_tembaga_r = Batas_delta_t0 Then
  Ep_batas_del_t0 = Temp_tembaga
  Second0 = Waktu
  Waktu = Second0
  Batas_delta_t0 = 0

  Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
  Locate 2 , 1 : Lcd " "
  Locate 2 , 1 : Lcd "T0:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t0:" ; Waktu ; "s"
End If

If Temp_tembaga_r = Batas_delta_t1 Then
  Ep_batas_del_t1 = Temp_tembaga
  Second1 = Waktu
  Waktu = Second1
  Batas_delta_t1 = 0

  Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
  Locate 2 , 1 : Lcd " "
  Locate 2 , 1 : Lcd "T1:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t1:" ; Waktu ; "s"
End If

If Temp_tembaga_r = Batas_delta_t2 Then
  Ep_batas_del_t2 = Temp_tembaga
  Second2 = Waktu
  Waktu = Second2
  Batas_delta_t2 = 0

  Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
  Locate 2 , 1 : Lcd " "
  Locate 2 , 1 : Lcd "T2:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t2:" ; Waktu ; "s"
End If

If Temp_tembaga_r = Batas_delta_t3 Then
  Ep_batas_del_t3 = Temp_tembaga
  Second3 = Waktu
  Waktu = Second3
  Batas_delta_t3 = 0

  Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
  Locate 2 , 1 : Lcd " "
  Locate 2 , 1 : Lcd "T3:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t3:" ; Waktu ; "s"

```

End If

If Temp\_tembaga\_r = Batas\_delta\_t4 Then

Ep\_batas\_del\_t4 = Temp\_tembaga

Second4 = Waktu

Waktu = Second4

Batas\_delta\_t4 = 0

Buf\_lcd = Fusing(temp\_tembaga , "#.#")

Locate 2 , 1 : Lcd " "

Locate 2 , 1 : Lcd "T4:" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C t4:" ; Waktu ; "s"

End If

If Temp\_tembaga\_r = Batas\_delta\_t5 Then

Ep\_batas\_del\_t5 = Temp\_tembaga

Second5 = Waktu

Waktu = Second5

Batas\_delta\_t5 = 0

Buf\_lcd = Fusing(temp\_tembaga , "#.#")

Locate 2 , 1 : Lcd " "

Locate 2 , 1 : Lcd "T5:" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C t5:" ; Waktu ; "s"

End If

If Temp\_tembaga\_r = Batas\_delta\_t6 Then

Ep\_batas\_del\_t6 = Temp\_tembaga

Second6 = Waktu

Waktu = Second6

Batas\_delta\_t6 = 0

Buf\_lcd = Fusing(temp\_tembaga , "#.#")

Locate 2 , 1 : Lcd " "

Locate 2 , 1 : Lcd "T6:" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C t6:" ; Waktu ; "s"

Bit\_stop\_pid = 1

End If

If Temp\_tembaga\_r = Batas\_delta\_t7 Then

Ep\_batas\_del\_t7 = Temp\_tembaga

Second7 = Waktu

Waktu = Second7

Batas\_delta\_t7 = 0

Buf\_lcd = Fusing(temp\_tembaga , "#.#")

Locate 2 , 1 : Lcd " "

Locate 2 , 1 : Lcd "T7:" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C t7:" ; Waktu ; "s"

Bit\_stop\_pid = 1

End If

If Temp\_tembaga\_r = Batas\_delta\_t8 Then

Ep\_batas\_del\_t8 = Temp\_tembaga

Second8 = Waktu

```

Waktu = Second8
Batas_delta_t8 = 0

Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
Locate 2 , 1 : Lcd "          "
Locate 2 , 1 : Lcd "T8:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t8:" ; Waktu ; "s"

    Bit_stop_pid = 1
End If

If Temp_tembaga_r = Batas_delta_t9 Then
    Ep_batas_del_t9 = Temp_tembaga
    Second9 = Waktu
    Waktu = Second9
    Batas_delta_t9 = 0

    Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
    Locate 2 , 1 : Lcd "          "
    Locate 2 , 1 : Lcd "T9:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t9:" ; Waktu ; "s"

        Bit_stop_pid = 1
    End If

If Temp_tembaga_r = Batas_delta_t10 Then
    Ep_batas_del_t10 = Temp_tembaga
    Second10 = Waktu
    Waktu = Second10
    Batas_delta_t10 = 0

    Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
    Locate 2 , 1 : Lcd "          "
    Locate 2 , 1 : Lcd "T10:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t10:" ; Waktu ; "s"

        Bit_stop_pid = 1
    End If

If Temp_tembaga_r = Batas_delta_t6 Then
    Ep_batas_del_t11 = Temp_tembaga
    Second11 = Waktu
    Waktu = Second11
    Batas_delta_t11 = 0

    Buf_lcd = Fusing(temp_tembaga , "#.#")
    Locate 2 , 1 : Lcd "          "
    Locate 2 , 1 : Lcd "T11:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t11:" ; Waktu ; "s"

        Bit_stop_pid = 1
    End If

End If

Keypad = Getkbd()
If Keypad = 16 Then

```

```

NOP
Elseif Keypad = 14 Then          'neken C
  Goto Keamanan
Elseif Keypad = 15 Then          'neken D
  Bit_stop_pid = 1
Else                              'any key
  nop
End If
Loop Until Bit_stop_pid = 1

Stop Adc
Stop Timer0
Reset Ssr_heater

Locate 2 , 1 : Lcd "Telah selesai "
Locate 3 , 1 : Lcd " "
Locate 3 , 1 : Lcd "T6:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C t6:" ; Waktu ; "s"
Locate 4 , 1 : Lcd "Anykey 2 contintiniu"

Call Wait_keypad

Locate 1 , 1 : Lcd "*****"
Locate 2 , 1 : Lcd "****load Gradien****"
Locate 3 , 1 : Lcd "*****"
Locate 4 , 1 : Lcd "Anykey 2 contintiniu"

Call Wait_keypad

Waktu0 = Second0
Waktu1 = Second1
Suhu0 = Ep_batas_del_t0
Suhu1 = Ep_batas_del_t1
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien1 = Gradien

Waktu0 = Second1
Waktu1 = Second2
Suhu0 = Ep_batas_del_t1
Suhu1 = Ep_batas_del_t2
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu
Gradien2 = Gradien

Waktu0 = Second2
Waktu1 = Second3
Suhu0 = Ep_batas_del_t2
Suhu1 = Ep_batas_del_t3
Delta_waktu = Waktu1 - Waktu0
Delta_suhu = Suhu1 - Suhu0
Gradien = Delta_suhu / Delta_waktu

```

Gradien3 = Gradien

Waktu0 = Second3  
 Waktu1 = Second4  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t3  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t4  
 Delta\_waktu = Waktu1 - Waktu0  
 Delta\_suhu = Suhu1 - Suhu0  
 Gradien = Delta\_suhu / Delta\_waktu  
 Gradien4 = Gradien

Waktu0 = Second4  
 Waktu1 = Second5  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t4  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t5  
 Delta\_waktu = Waktu1 - Waktu0  
 Delta\_suhu = Suhu1 - Suhu0  
 Gradien = Delta\_suhu / Delta\_waktu  
 Gradien5 = Gradien

Waktu0 = Second5  
 Waktu1 = Second6  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t5  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t6  
 Delta\_waktu = Waktu1 - Waktu0  
 Delta\_suhu = Suhu1 - Suhu0  
 Gradien = Delta\_suhu / Delta\_waktu  
 Gradien6 = Gradien

Waktu0 = Second6  
 Waktu1 = Second7  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t6  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t7  
 Delta\_waktu = Waktu1 - Waktu0  
 Delta\_suhu = Suhu1 - Suhu0  
 Gradien = Delta\_suhu / Delta\_waktu  
 Gradien7 = Gradien

Waktu0 = Second7  
 Waktu1 = Second8  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t7  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t8  
 Delta\_waktu = Waktu1 - Waktu0  
 Delta\_suhu = Suhu1 - Suhu0  
 Gradien = Delta\_suhu / Delta\_waktu  
 Gradien8 = Gradien

Waktu0 = Second8  
 Waktu1 = Second9  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t8  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t9  
 Delta\_waktu = Waktu1 - Waktu0  
 Delta\_suhu = Suhu1 - Suhu0

Gradien =  $\Delta_{\text{suhu}} / \Delta_{\text{waktu}}$   
 Gradien9 = Gradien

Waktu0 = Second9  
 Waktu1 = Second10  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t10  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t11  
 $\Delta_{\text{waktu}} = \text{Waktu1} - \text{Waktu0}$   
 $\Delta_{\text{suhu}} = \text{Suhu1} - \text{Suhu0}$   
 Gradien =  $\Delta_{\text{suhu}} / \Delta_{\text{waktu}}$   
 Gradien10 = Gradien

Waktu0 = Second10  
 Waktu1 = Second11  
 Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t10  
 Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t11  
 $\Delta_{\text{waktu}} = \text{Waktu1} - \text{Waktu0}$   
 $\Delta_{\text{suhu}} = \text{Suhu1} - \text{Suhu0}$   
 Gradien =  $\Delta_{\text{suhu}} / \Delta_{\text{waktu}}$   
 Gradien11 = Gradien

Gradien = Gradien1  
 Sigma\_gradien = Gradien

Gradien = Gradien2  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien3  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien4  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien5  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien6  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien7  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien8  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien9  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien10  
 Sigma\_gradien = Sigma\_gradien + Gradien

Gradien = Gradien11



$\text{Sigma\_gradien} = \text{Sigma\_gradien} + \text{Gradien}$

$\text{Sigma\_gradien} = \text{Sigma\_gradien} / 11$

$\text{Gradien\_rata2} = \text{Sigma\_gradien}$

$\text{Buf\_lcd} = \text{Fusing}(\text{sigma\_gradien}, \text{"\#.#####"})$

Locate 1, 1 : Lcd "6.Perhitungan "

Locate 2, 1 : Lcd "gradien rata-rata "

Locate 3, 1 : Lcd " "

Locate 3, 1 : Lcd Buf\_lcd

Locate 4, 1 : Lcd "Anykey 2 contintiniu"

Call Wait\_keypad

$M = \text{Ep\_mp}$

$C = \text{Ep\_cp}$

$D = \text{Ep\_dg}$

$A = \text{Ep\_ap}$

$\text{Suhu0} = \text{Ep\_set\_heater}$

$\text{Suhu1} = \text{Ep\_timbangan\_setimbang}$

$\text{Suhu} = \text{Suhu0} - \text{Suhu1}$

$\text{Dt\_per\_dt} = \text{Gradien\_rata2}$

$\text{Koef} = 1000000$

$\text{Koef} = \text{Koef} * M$

$\text{Koef} = \text{Koef} * C$

$\text{Koef} = \text{Koef} * \text{Dt\_per\_dt}$

$\text{Koef} = \text{Koef} * D$

$\text{Koef} = \text{Koef} / A$

$\text{Koef} = \text{Koef} / \text{Suhu}$

$\text{Buf\_lcd} = \text{Fusing}(\text{koef}, \text{"\#.#####"})$

Locate 1, 1 : Lcd "Koef konduktifitas "

Locate 2, 1 : Lcd "dalam[10] ; Chr(6) ; ".kal.m.s.k]"

Locate 3, 1 : Lcd " "

Locate 3, 3 : Lcd Buf\_lcd

Locate 4, 1 : Lcd "Anykey 2 contintiniu"

Call Wait\_keypad

$\text{Suhu0} = \text{Ep\_set\_heater}$

$\text{Suhu1} = \text{Ep\_timbangan\_setimbang}$

Locate 1, 1 : Lcd "Temperatur yg diberi"

$\text{Buf\_lcd} = \text{Fusing}(\text{suhu0}, \text{"\#.##"})$

Locate 2, 1 : Lcd " "

Locate 2, 1 : Lcd "T" ; Chr(4) ; ":" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C"

$\text{Buf\_lcd} = \text{Fusing}(\text{suhu1}, \text{"\#.##"})$

Locate 3, 1 : Lcd " "

Locate 3, 1 : Lcd "T" ; Chr(5) ; ":" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C"

Locate 4 , 1 : Lcd "Anykey 2 contintiniu"

Call Wait\_keypad

Locate 1 , 1 : Lcd "7.Proses telah slsai"

Locate 2 , 1 : Lcd " Untuk melihat data"

Locate 3 , 1 : Lcd "->Menu: data yg lalu"

Locate 4 , 1 : Lcd "Anykey 2 contintiniu"

Call Wait\_keypad

Goto Keamanan

'derajatderajatderajatderajatderajatderajatderajatderajatderajatderajatderajat

Data\_1\_derajat:

Locate 1 , 1 : Lcd " "

Locate 2 , 1 : Lcd " "

Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t0

Buf\_lcd = Fusing(suhu0 , "#.#")

Locate 1 , 1 : Lcd "T0:" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C"

Waktu0 = Second0

Locate 1 , 11 : Lcd " t0:" ; Waktu0 ; "s "

Suhu1 = Ep\_batas\_del\_t1

Buf\_lcd = Fusing(suhu1 , "#.#")

Locate 2 , 1 : Lcd "T1:" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C"

Waktu1 = Second1

Locate 2 , 11 : Lcd " t1:" ; Waktu1 ; "s "

Gradien = Gradien1

Buf\_lcd = Fusing(gradient , "#.#####")

Locate 3 , 1 : Lcd " "

Locate 3 , 1 : Lcd "Gradien :" ; Buf\_lcd

Locate 4 , 1 : Lcd "B:back C:Next "

Derajat1:

Call Wait\_keypad

If S\_keypad = "B" Then : Goto Menu3

Elseif S\_keypad = "C" Then : Goto Data\_2\_derajat

Else : Goto Derajat1

End If

'dd

ddddddd

Data\_2\_derajat:

Locate 1 , 1 : Lcd " "

Locate 2 , 1 : Lcd " "

Suhu0 = Ep\_batas\_del\_t1

Buf\_lcd = Fusing(suhu0 , "#.#")

Locate 1 , 1 : Lcd "T1:" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C"

Waktu0 = Second1

Locate 1 , 11 : Lcd " t1:" ; Waktu0 ; "s "

```

Suhu1 = Ep_batas_del_t2
Buf_lcd = Fusing(suhu1 , "#.#")
Locate 2 , 1 : Lcd "T2:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu1 = Second2
Locate 2 , 11 : Lcd " t2:" ; Waktu1 ; "s "

Gradien = Gradien2
Buf_lcd = Fusing(gradient , "#.#####")
Locate 3 , 1 : Lcd " "
Locate 3 , 1 : Lcd "Gradien :" ; Buf_lcd
Locate 4 , 1 : Lcd "B:back C:Next "

Derajat2:
Call Wait_keypad
If S_keypad = "B" Then : Goto Data_1_derajat
Elseif S_keypad = "C" Then : Goto Data_3_derajat
Else : Goto Derajat2
End If

'ddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddd
ddddddd
Data_3_derajat:
Locate 1 , 1 : Lcd " "
Locate 2 , 1 : Lcd " "

Suhu0 = Ep_batas_del_t2
Buf_lcd = Fusing(suhu0 , "#.#")
Locate 1 , 1 : Lcd "T2:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu0 = Second2
Locate 1 , 11 : Lcd " t2:" ; Waktu0 ; "s "

Suhu1 = Ep_batas_del_t3
Buf_lcd = Fusing(suhu1 , "#.#")
Locate 2 , 1 : Lcd "T3:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu1 = Second3
Locate 2 , 11 : Lcd " t3:" ; Waktu1 ; "s "

Gradien = Gradien3
Buf_lcd = Fusing(gradient , "#.#####")
Locate 3 , 1 : Lcd " "
Locate 3 , 1 : Lcd "Gradien :" ; Buf_lcd
Locate 4 , 1 : Lcd "B:back C:Next "

Derajat3:
Call Wait_keypad
If S_keypad = "B" Then : Goto Data_2_derajat
Elseif S_keypad = "C" Then : Goto Data_4_derajat
Else : Goto Derajat3
End If

'ddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddd
ddddddd

```

```

Data_4_derajat:
Locate 1 , 1 : Lcd "          "
Locate 2 , 1 : Lcd "          "

Suhu0 = Ep_batas_del_t3
Buf_lcd = Fusing(suhu0 , "#.#")
Locate 1 , 1 : Lcd "T3:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu0 = Second3
Locate 1 , 11 : Lcd " t3:" ; Waktu0 ; "s "

Suhu1 = Ep_batas_del_t4
Buf_lcd = Fusing(suhu1 , "#.#")
Locate 2 , 1 : Lcd "T4:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu1 = Second4
Locate 2 , 11 : Lcd " t4:" ; Waktu1 ; "s "

Gradien = Gradien4
Buf_lcd = Fusing(gradient , "#.#####")
Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "Gradien : " ; Buf_lcd
Locate 4 , 1 : Lcd "B:back C:Next    "

Derajat4:
Call Wait_keypad
If S_keypad = "B" Then : Goto Data_3_derajat
Elseif S_keypad = "C" Then : Goto Data_5_derajat
Else : Goto Derajat3
End If

'ddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddd
dddddddd

Data_5_derajat:
Locate 1 , 1 : Lcd "          "
Locate 2 , 1 : Lcd "          "

Suhu0 = Ep_batas_del_t4
Buf_lcd = Fusing(suhu0 , "#.#")
Locate 1 , 1 : Lcd "T4:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu0 = Second4
Locate 1 , 11 : Lcd " t4:" ; Waktu0 ; "s "

Suhu1 = Ep_batas_del_t5
Buf_lcd = Fusing(suhu1 , "#.#")
Locate 2 , 1 : Lcd "T5:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu1 = Second5
Locate 2 , 11 : Lcd " t5:" ; Waktu1 ; "s "

Gradien = Gradien5
Buf_lcd = Fusing(gradient , "#.#####")
Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "Gradien : " ; Buf_lcd
Locate 4 , 1 : Lcd "B:back C:Next    "

```

```

Derajat5:
Call Wait_keypad
If S_keypad = "B" Then : Goto Data_4_derajat
Elseif S_keypad = "C" Then : Goto Data_6_derajat
Else : Goto Derajat3
End If

'ddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddddd
ddddddd

Data_6_derajat:
Locate 1 , 1 : Lcd "          "
Locate 2 , 1 : Lcd "          "

Suhu0 = Ep_batas_del_t5
Buf_lcd = Fusing(suhu0 , "#.#")
Locate 1 , 1 : Lcd "T5:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu0 = Second5
Locate 1 , 11 : Lcd " t5:" ; Waktu0 ; "s "

Suhu1 = Ep_batas_del_t6
Buf_lcd = Fusing(suhu1 , "#.#")
Locate 2 , 1 : Lcd "T6:" ; Buf_lcd ; Chr(0) ; "C"
Waktu1 = Second6
Locate 2 , 11 : Lcd " t6:" ; Waktu1 ; "s "

Gradien = Gradien6
Buf_lcd = Fusing(gradient , "#.#####")
Locate 3 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "Gradien :" ; Buf_lcd
Locate 4 , 1 : Lcd "B:back C:Next "

Derajat6:
Call Wait_keypad
If S_keypad = "B" Then : Goto Data_5_derajat
Elseif S_keypad = "C" Then : Goto Data_7_derajat
Else : Goto Derajat3
End If

Data_7_derajat:
Locate 1 , 1 : Lcd "Gradien Rata-rata "
Locate 2 , 1 : Lcd "          "
Locate 3 , 1 : Lcd "Pres Anykey for "
Locate 4 , 1 : Lcd "B:back C:Next "

Sigma_gradien = Gradien_rata2
Buf_lcd = Fusing(sigma_gradien , "#.#####")
Locate 2 , 1 : Lcd Sigma_gradien

Derajat7:
Call Wait_keypad
If S_keypad = "B" Then : Goto Data_6_derajat
Elseif S_keypad = "C" Then : Goto Temperature_xx
Else : Goto Derajat7

```

End If

Temperature\_xx:

Suhu0 = Ep\_set\_heater

Suhu1 = Ep\_tembaga\_setimbang

Locate 1 , 1 : Lcd "Temperatur yg diberi"

Buf\_lcd = Fusing(suhu0 , "#.#")

Locate 2 , 1 : Lcd " "

Locate 2 , 1 : Lcd "T" ; Chr(4) ; ":" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C"

Buf\_lcd = Fusing(suhu1 , "#.#")

Locate 3 , 1 : Lcd " "

Locate 3 , 1 : Lcd "T" ; Chr(5) ; ":" ; Buf\_lcd ; Chr(0) ; "C"

Locate 4 , 1 : Lcd "Press Anykey " "

Call Wait\_keypad

Goto Menu3

Hasil\_k:

M = Ep\_mp

C = Ep\_cp

D = Ep\_dg

A = Ep\_ap

Suhu0 = Ep\_set\_heater

Suhu1 = Ep\_tembaga\_setimbang

Suhu = Suhu0 - Suhu1

Dt\_per\_dt = Gradien\_rata2

Koef = 1000000

Koef = Koef \* M

Koef = Koef \* C

Koef = Koef \* Dt\_per\_dt

Koef = Koef \* D

Koef = Koef / A

Koef = Koef / Suhu

Buf\_lcd = Fusing(koef , "#.#####")

Locate 1 , 1 : Lcd "Koef konduktifitas "

Locate 2 , 1 : Lcd "dalam[10" ; Chr(6) ; ".kal.m.s.k]"

Locate 3 , 1 : Lcd " "

Locate 3 , 3 : Lcd Buf\_lcd

Locate 4 , 1 : Lcd "Press Anykey " "

Call Wait\_keypad

Goto Menu3

End

Time\_base:

Periode\_10ms = Periode\_10ms + 1

If Periode\_10ms = 54 Then

```

Periode_10ms = 0
Power_heater = Power_heater - 1

If Power_heater = 255 Then
    Power_heater = 0
End If

If Power_heater = 0 Then
    Reset Ssr_heater
Else
    Set Ssr_heater
End If

Periode_1s = Periode_1s + 1

If Periode_1s = 100 Then
    Periode_1s_flag = 1
    Periode_1s = 0
    Power_heater = Mv_var
End If
End If
Return

Sub Pid_man
    Periode_1s_flag = 0

    If Error < 1 Then
        Waktu = Waktu + 1
    Else
        Waktu = 0
    End If

    If Waktu > 60 Then
        Bit_stop_pid = 1
    Else
        nop
    End If
End Sub

Sub Pid_auto
    Periode_1s_flag = 0
    Error_old = Error

    Nilai_temp = Temp_heater
    Sp = Ep_set_heater
    Pv = Temp_heater

    Error = Sp - Pv
    Mv_p = Kp * Error

    Sigma_error_kp = Sigma_error_kp + Mv_p
    Wind_up_limit = 100 * Ti
    Delta_error = Error - Error_old

```

```

If Sigma_error_kp < 0 Then
  Sigma_error_kp = 0
End If

If Sigma_error_kp > Wind_up_limit Then
  Sigma_error_kp = Wind_up_limit
End If

Mv_i = Sigma_error_kp / Ti
Mv_d = Kp * Delta_error
Mv_d = Mv_d * Td
Mv = Mv_p + Mv_i
Mv = Mv + Mv_d

If Mv > 100 Then Mv = 100
If Mv < 0 Then Mv = 0
If Error = 25 Then
  Mv = 0
End If

Mv_var = Mv

End Sub

Sub Buffer_data
  Call Wait_keypad
  If S_keypad = "A" Then
    If Buffer_keypad = "" Then : Buffer_keypad = "0"
    Else : Nop
    End If
    Bit_selesai = 1
    Do_loop = 1
  ElseIf S_keypad = "B" Then
    Bit_back = 1
    Do_loop = 1
  ElseIf S_keypad = "C" Then : Buffer_keypad = ""
  ElseIf S_keypad = "D" Then
    S_keypad = "."
    Buffer_keypad = Buffer_keypad + S_keypad
  ElseIf S_keypad = "*" Then : Nop
  ElseIf S_keypad = "#" Then : Nop
  Else : Buffer_keypad = Buffer_keypad + S_keypad
  End If
End Sub

Sub Wait_keypad
  Do
    Keypad = Getkbd()
    Waitms 1
    If Keypad = 16 Then
      NOP
    Else

```



```
Exit Do
End If
Loop
If Keypad = 7 Then : S_keypad = "0"
Elseif Keypad = 0 Then : S_keypad = "1"
Elseif Keypad = 4 Then : S_keypad = "2"
Elseif Keypad = 8 Then : S_keypad = "3"
Elseif Keypad = 1 Then : S_keypad = "4"
Elseif Keypad = 5 Then : S_keypad = "5"
Elseif Keypad = 9 Then : S_keypad = "6"
Elseif Keypad = 2 Then : S_keypad = "7"
Elseif Keypad = 6 Then : S_keypad = "8"
Elseif Keypad = 10 Then : S_keypad = "9"
Elseif Keypad = 12 Then : S_keypad = "A"
Elseif Keypad = 13 Then : S_keypad = "B"
Elseif Keypad = 14 Then : S_keypad = "C"
Elseif Keypad = 15 Then : S_keypad = "D"
Elseif Keypad = 3 Then : S_keypad = "*"
Elseif Keypad = 11 Then : S_keypad = "#"
Elseif Keypad > 16 Then : S_keypad = ""
End If
Do
O_keypad = Getkbd()
If O_keypad = 16 Then
Exit Do
End If
Loop
End Sub
```