

**Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas pada Karet  
berbasis Mikrokontroler**

**SKRIPSI**  
**Diajukan Untuk Melengkapi Persyaratan Memperoleh**  
**Gelar Sarjana Fisika**

oleh

**DESTI IKA SURYANTI**

**0706196512**



**DEPARTEMEN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS INDONESIA**  
**2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Desti Ika Suryanti**

**NPM : 0706196512**

**Tanda Tangan :**

**Tanggal : 2 Desember 2009**



## LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Desti Ika Suryanti  
NPM : 0706196512  
Departemen : Fisika  
Peminatan : Ekstensi Fisika Instrumentasi  
Tanggal Sidang : 2 Desember 2009  
Judul Skripsi : Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas pada Karet berbasis  
Mikrokontroler

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Dr. Prawito**

Pembimbing I

**Drs. Arief Sudarmaji, M.T.**

Pembimbing II

**Dr. Santoso Soekirno**

Penguji I

**Dr. rer. nat. Martarizal**

Penguji II

**Dr. Santoso Soekirno**  
Ketua Departemen Fisika

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya dan karunia-Nya. Tidak lupa kepada junjungan penulis, Nabi Muhammad SAW, serta para sahabat, dan keluarganya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Walaupun dalam penyusunan skripsi ini penulis menemukan berbagai macam kesulitan, tetapi Allah SWT senantiasa memberikan tetesan rahmat-Nya sehingga semua rintangan dan tantangan dapat dilalui dengan ridha-Nya.

Penyusunan Skripsi yang berjudul “Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas Pada Karet Berbasis Mikrokontroler” yang bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Sarjana Ekstensi Instrumentasi, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

Karya sederhana ini tercipta bukanlah karena kemampuan penulis semata, karya ini lahir juga dikarenakan sudah berkembangnya teknologi yang sedemikian hebatnya. Penulis hanya merasa bersyukur bisa berada dizaman sekarang ini, zaman yang membuat penulis mudah melakukan pembuatan skripsi ini.

Dalam melaksanakan skripsi sampai penyelesaian Skripsi ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya yang berlimpah tanpa henti yang telah memberikan secercah pengetahuan serta ilmu yang bermanfaat
2. Baginda besar Rasulullah Muhammad SAW, yang menjadi suri teladan dalam setiap elemen kehidupan, serta para sahabat dan keluarga besar rasullah.
3. Dr Syamsu Rosid selaku Ketua Jurusan program studi Sarjana Ekstensi FMIPA, UI.
4. Dr Prawito dan Drs. Arief Sudarmadji, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.

5. Dosen-dosen pengajar Ekstensi Fisika Instrumentasi yang selama ini telah memberikan ilmu-ilmunya.
6. Kedua Orang tuaku yang tercinta, Ir. Asrul Effendy dan RB. Suharti, S.Si serta adikku tersayang Asti Dwi Purwanti dan Alham Badaru Hisyam, beserta keluarga tercinta yang telah memberi dukungan moril dan materil selama ini.
7. Sahabat-sahabatku seperjuangan yang tergabung yang telah memberikan dorongan dan doanya, Alet, Benny, Rachmat, Rika, Rizal, Tanti.
8. Seluruh rekan-rekan alumni Instrumentasi Industri dan Elektronika angkatan 2004 dan Ekstensi Instrumentasi 2007.
9. Seluruh keluarga besar FMIPA UI.
10. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya atas kebaikan Bapak / Ibu dan Saudara/i sekalian. Semoga penulisan ilmiah ini benar-benar dapat memberikan kontribusi positif dan menimbulkan sikap kritis kepada para pembaca khususnya dan masyarakat pada umumnya untuk senantiasa terus memperoleh wawasan dan ilmu pengetahuan di bidang teknologi.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki penulis, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penyusunan skripsi ini. Akhir kata semoga penyusunan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, 2 Desember 2009

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Desti Ika Suryanti  
NPM : 0706196512  
Program Studi : 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 : Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas pada Karet Berbasis Mikrikontroler beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif 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 : 2 Desember 2009

Yang menyatakan

( Desti Ika Suryanti )

\

## ABSTRAK

Nama : Desti Ika Suryanti  
Program Studi : Fisika Instrumentasi  
Judul : Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas pada Karet berbasis Mikrokontroler

Telah dilakukan penelitian untuk membuat sebuah alat ukur konduktivitas panas (k) yang dapat melakukan pengukuran serta perhitungan secara otomatis dengan memakai karet berbentuk pipa. Alat ukur konduktivitas panas ini berbasis Mikrokontroler ATMega16, merupakan suatu alat yang menggunakan sensor LM35 untuk penyensoran suhunya. Metode pengumpulan data yang digunakan sebagai metodologi pada penulisan ini yaitu penelitian alat. Berdasarkan hasil uji coba yang sudah dilakukan, baik kinerja sensor LM35 maupun kinerja rangkaian secara keseluruhan berjalan dengan baik. Hasil yang didapat yaitu perubahan tegangan sesuai dengan suhu yang terukur. Sedangkan hasil pengujian dari rangkaian secara keseluruhan yaitu dapat menampilkan suhu yang terukur pada LCD.

Kata Kunci :  
Sensor, Suhu, Mikrokontroler

## ABSTRACT

Name : Desti Ika Suryanti  
Study Program : Instrumentation of Phisyc  
Title : Measurement System of Heat Conductivity of Rubber base on Microcontroller

Research has been done to create a heat conductivity meter that can perform measurements and calculations automatically using a rubber pipe. Heat conductivity measuring instrument is based Microcontroller ATMega16, is a device that uses sensors to censorship LM35 temperature. The method of data collection methodology used in this writing is the research tool. Based on test results that have been done, both the performance and the performance of the sensor LM35 series as a whole went well. The results of the voltage change in accordance with the measured temperature. While the test results of the circuit as a whole is able to display the measured temperature on the LCD.

Keywords:  
Sensor, Temperature, Microcontroller.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
<b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	2
1.3 Batasan masalah .....	2
1.4 Deskripsi Singkat .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	3
1.6 Metode Penulisan .....	4
<b>BAB 2. TEORI DASAR .....</b>	<b>5</b>
2.1 Sensor .....	5
2.1.1 Sensor Temperatur .....	6
2.2 Dasar Perpindahan Kalor .....	8
2.2.1 Konduksi .....	9
2.2.1.1 Konduksi Pada Dinding Datar .....	10
2.2.1.2 Konduksi Pada Silinder .....	12
2.2.2 Konveksi .....	14
2.2.3 Radiasi .....	16
2.2.4 Evaporasi .....	18
2.3 ADC ( <i>Analog to Digital Converter</i> ) .....	18

<b>BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM .....</b>	<b>20</b>
3.1 Gambaran Umum .....	20
3.2 Blok Diagram Rangkaian .....	21
3.3 Konstruksi Mekanik .....	23
3.4 Konstruksi Rangkaian .....	24
3.4.1 Rangkaian Minimum System .....	24
3.4.2 Rangkaian sensr IC LM35 .....	27
3.4.3 Rangkaian Heater .....	28
3.5 ADC Internal .....	29
3.6 Perancangan Software .....	30
3.6.1 <i>Flowchart</i> program konduktivitas panas pada karet .....	30
3.6.2 <i>Flowchart</i> sub routine keypad .....	38
3.6.3 <i>Flowchart</i> sub routine input angka .....	39
3.6.4 <i>Flowchart</i> sub routine R1, R2, M, dan L .....	41
<b>BAB 4. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>45</b>
4.1 Pengujian Mekanik .....	45
4.2 Pengujian Sensor Temperatur LM35 .....	45
4.3 Pengujian Data Keypad .....	50
4.4 Pengujian Data LED .....	52
4.5 Pengujian Indikator Level Air .....	53
4.6 Pengujian Temperatur Setimbang .....	53
4.7 Pengujian Nilai Konduktivitas Panas (k) pada Karet .....	55
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>59</b>
5.1 Kesimpulan .....	59
5.2 Saran .....	59
<b>Daftar Acuan .....</b>	<b>60</b>
<b>Lampiran A</b>	
<b>Lampiran B</b>	
<b>Lampiran C</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data LM 35.....	46
Tabel 4.2. Data keypad 4x4 .....	51
Tabel 4.3. Data tampilan keypad pada Lcd .....	52
Tabel 4.4. Data LED .....	52
Tabel 4.5. Data Indikator Level Air .....	53
Tabel 4.6. Data Suhu Setimbang .....	53
Tabel 4.7. Pengujian nilai konduktivitas panas (k) pada karet silikon siklus ke-1 .....	55
Tabel 4.8. Pengujian nilai konduktivitas panas (k) pada karet silikon siklus ke-2 .....	56
Tabel 4.9. Pengujian nilai konduktivitas panas (k) pada karet silikon siklus ke-3 .....	57
Tabel 4.10. Pengujian nilai konduktivitas panas (k) pada karet silikon siklus ke-4 .....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sistem kerja alat ukur konduktivitas panas pada karet.....	2
Gambar 2.1. Bentuk Fisik LM 35.....	7
Gambar 2.2. Grafik akurasi LM35 terhadap suhu.....	8
Gambar 2.3. Aliran kalor pada dinding berlapis.....	11
Gambar 2.4. Aliran kalor dalam analogi listrik.....	11
Gambar 2.5. Penampang melintang silinder.....	12
Gambar 2.6. Perpindahan panas konveksi. (a) konveksi paksa, (b) konveksi alamiah, (c) pendidihan, (d) kondensasi.....	15
Gambar 2.7. Perpindahan panas radiasi (a) pada permukaan, (b) antara permukaan dan lingkungan.....	17
Gambar 3.1. Blok diagram rangkaian.....	21
Gambar 3.2. Rancang Bangun Otomatisasi pengukuran Konduktivitas Panas pada Karet berbasis mikrokontroler.....	24
Gambar 3.3. Rangkaian Minimum System.....	26
Gambar 3.4. Rangkaian LM35.....	28
Gambar 3.5. Rangkaian Heater.....	28
Gambar 3.6. <i>Flowchart</i> program utama konduktivitas panas pada karet Berbasis mikrokontroler.....	38
Gambar 3.7. <i>Flowchart</i> sub routine keypad.....	38
Gambar 3.8. <i>Flowchart</i> sub routine input angka.....	39
Gambar 3.9. <i>Flowchart</i> sub R1, R2, M, dan L.....	42
Gambar 4.1. Grafik Suhu LM35 vs Suhu Termometer.....	49
Gambar 4.2. Grafik Suhu LM35 vs Tegangan.....	49
Gambar 4.3. Hubungan push button dengan wiring.....	50
Gambar 4.4. Grafik temperatur setimbang.....	54

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini penulis ingin membahas latar belakang pembuatan askripsi, tujuan penelitian, batasan masalah, deskripsi singkat, sistematika penulisan serta metode penulisan.

### **1.1 Latar Belakang**

Bagi mereka yang bergelut dalam dunia fisika instrumentasi baik ilmuwan, mahasiswa, atau para pelajar mungkin pernah melakukan pengukuran terhadap konduktivitas panas suatu benda. Pengukuran-pengukuran tersebut masih banyak dilakukan secara manual. Hal ini di butuhkan banyak waktu untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas dari benda yang diinginkan. Selain itu dalam pengukuran, kemungkinan terjadi kesalahan-kesalahan lebih besar.

Konduktivitas atau keterhantaran termal,  $k$ , adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan panas. Energi panas hanya dapat berpindah dari satu benda ke benda yang lain jika antara benda-benda tersebut terdapat perbedaan suhu. Panas berpindah dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah.

Misalkan, Pada proses produksi uap di lapangan panas bumi, uap yang mengalir mulai dari sumur, pipa, turbin sampai dengan power plant akan mengalami kehilangan panas. Kehilangan panas yang terjadi ini dapat mengakibatkan berkurangnya tekanan dalam pipa sehingga dapat mengurangi efisiensi dari turbin. Salah satu cara untuk mengurangi panas yang hilang adalah pemasangan insulator pada pipa. Semakin tebal insulator maka panas yang hilang akan semakin sedikit. Tetapi semakin tebal insulator maka biaya yang dikeluarkan untuk investasi akan semakin besar.

Dalam pembuatan alat ukur otomatis konduktivitas panas pada karet ini terdapat tahapan-tahapan mulai dari mendesign mekanik, membuat rangkaian elektronik, membuat program, kemudian melakukan pengujian terhadap alat yang telah dibuat.

Sejauh ini yang banyak dilakukan, proses pengukuran untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas pada sebuah benda baik itu pada karet, copper, aluminium, kaca, kayu, cardboard, dan lain sebagainya masih secara manual, hasilnya kemungkinan besar tidak presisi. Hal inilah yang mendorong penulis sebagai mahasiswa untuk dapat membuat alat ukur untuk menentukan konduktivitas panas pada karet secara otomatis.

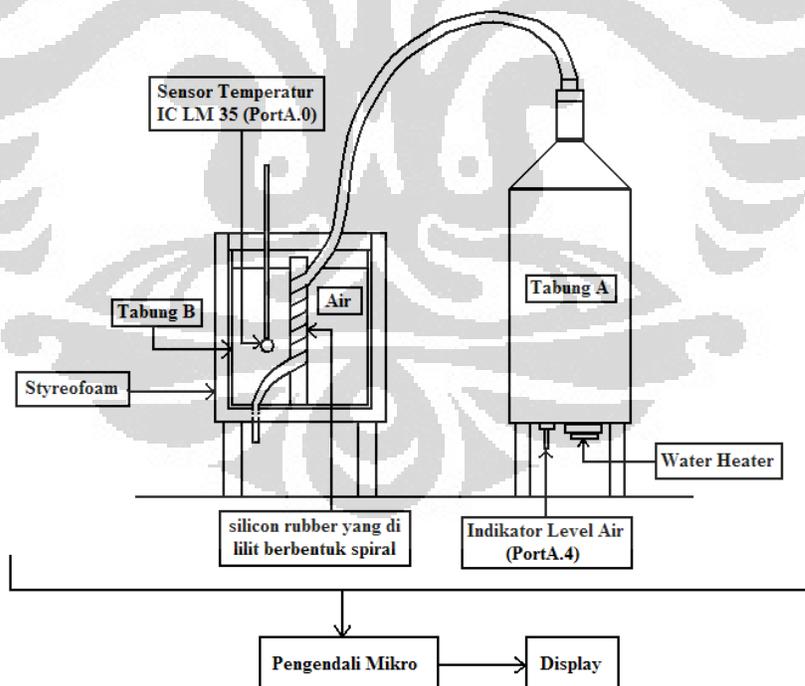
## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk melengkapi syarat kelulusan dan membuat suatu alat “ Pengukur Konduktivitas Panas Pada Karet Berbasis Mikrokontroler ”.

## 1.3 Batasan Masalah

Dalam pembuatan skripsi ini penulis membatasi masalah yaitu mencari nilai konduktivitas panas ( $k$ ) pada karet berbentuk pipa.

## 1.4 Deskripsi Singkat



Gambar 1.1. Sistem Kerja Alat Ukur Konduktivitas Panas pada Karet

Untuk alat ukur konduktivitas panas pada karet ini menghasilkan data Temperatur yang kemudian data tersebut di kirim ke pengendali mikro (*mikrocontroller*). Kemudian pengendali mikro tersebut akan memproses data temperatur yang di dapat untuk mendapatkan nilai “k”. Hasil yang telah diproses akan di tampilkan ke display.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika 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 literature yang berhubungan dalam perancang bangunan dan elektronika.

#### **BAB 3. PERANCANGAN SISTEM**

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

#### **BAB 4. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN**

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. KESIMPULAN DAN SARAN**

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.

## **1.6 Metode Penulisan**

### **a. *Study Literatur***

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dengan mengacu kepada buku-buku pegangan, data *sheet*, internet, makalah-makalah dan lain-lain.

### **b. Perancangan Alat**

Penulis berusaha untuk membuat suatu rancangan sistem mekanik serta *hardware* yang ingin dibuat di dalam penelitian, berdasarkan bahan-bahan yang ada untuk dapat dianalisa kembali.

### **c. Pembuatan Alat**

Pada bagian ini berisi mengenai proses perencanaan rancang bangun dari sistem mekanik yang dibuat. Pada bagian *hardware* akan membahas desain dan cara kerjanya, sedangkan untuk bagian *software* akan dibahas program yang digunakan dalam sistem pengendalinya.

### **d. Pengujian Sistem**

Pada bagian ini merupakan proses pengujian dari proyek yang dibuat, dengan tujuan untuk mengetahui apakah kinerja dari alat yang dibuat sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

### **e. Pengambilan Data**

Setelah alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu sistem sehingga dapat dilihat apakah sistem dapat bekerja dengan baik dan benar, sehingga penulis dapat melakukan pengambilan data.

### **f. Penulisan Penelitian**

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

## **BAB 2**

### **TEORI DASAR**

Dalam melakukan penelitian banyak hal yang harus kita pelajari mengenai teori-teori yang berkaitan pada proyek yang akan dikerjakan. Penelitian ini diperlukan adanya teori-teori yang melandasi penelitian ini. Adapun teori-teori yang digunakan, antara lain :

#### **2.1 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

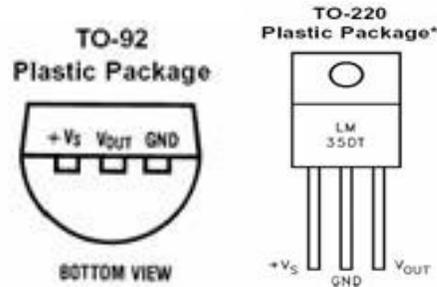
Gejala histerisis yang ada pada magnetisasi besi dapat pula dijumpai pada sensor. Misalnya, pada suatu temperatur tertentu sebuah sensor dapat memberikan keluaran yang berlainan.

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

### 2.1.1 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 °C pada suhu 25 °C .



Gambar 2.1. Bentuk Fisik LM 35

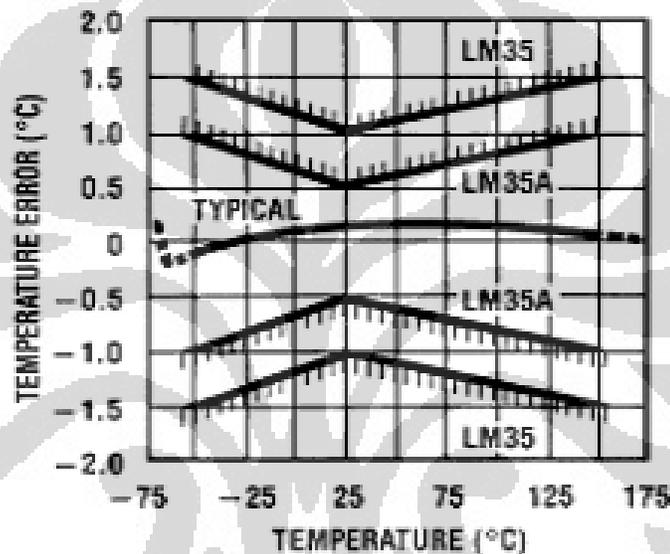
Gambar diatas menunjukkan bentuk dari LM35 tampak depan dan tampak bawah 3 pin LM35 menunjukan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau  $V_{out}$  dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai 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 :

$$V_{LM35} = \text{Suhu} * 10 \text{ mV} \dots\dots\dots(2.1)$$

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1 °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 °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 mVolt/ °C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam *celcius*.
- Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5°C pada suhu 25 °C seperti terlihat pada gambar 2.2.

- Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 °C sampai +150 °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 °C pada udara diam.
- Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
- Memiliki ketidaklinieran hanya sekitar  $\pm \frac{1}{4}$  °C.



Gambar 2.2. Grafik Akurasi LM35 terhadap Suhu

## 2.2 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 energy dari temperatur tinggi ke bagian dengan temperatur rendah. Besarnya fluks kalor yang berpindah berbanding

lurus dengan gradient temperatur pada benda tersebut. Secara matematis dinyatakan sebagai :

$$\frac{q}{A} \propto \frac{\partial T}{\partial x}$$

Dengan memasukkan konstanta kesetaraan yang disebut sebagai konduktivitas termal, didapatkan persamaan berikut yang disebut juga dengan hukum Fourier tentang konduksi kalor.

$$k = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \dots\dots\dots (2.2)$$

Tanda minus (-) timbul untuk menunjukkan arah perpindahan kalor terjadi dari bagian temperatur tinggi ke bagian dengan temperatur rendah [2].

### 2.2.1.1 Konduksi pada dinding datar

Jikapersamaan

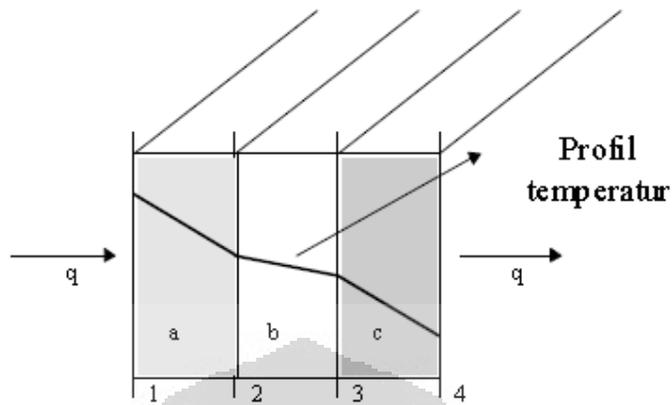
$$k = -kA \frac{\partial T}{\partial x}$$

Di integrasi akan di dapatkan :

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

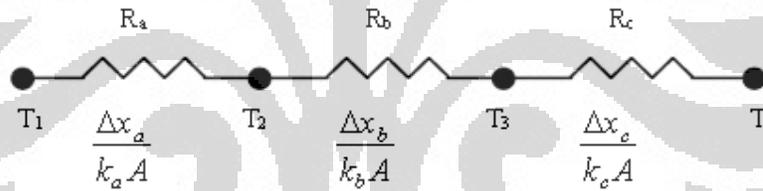
Apabila pada suatu sistem terdapat lebih dari satu macam bahan, misalnya dinding berlapis-lapis (seperti ditunjukan pada gambar), maka aliran kalor dapat digambarkan sebagai berikut :

$$q = -\frac{k_a A}{\Delta x_a} (T_2 - T_1) = -\frac{k_b A}{\Delta x_b} (T_3 - T_2) = -\frac{k_c A}{\Delta x_c} (T_4 - T_3)$$



Gambar 2.3. Aliran Kalor pada Dinding Berlapis

Jika digambarkan dalam analogi listrik didapatkan :



Gambar 2.4. Aliran Kalor dalam Analogi Listrik

Persamaan Fourier dapat pula dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Aliran kalor} = \frac{\text{beda potensial termal}}{\text{tahanan termal}}$$

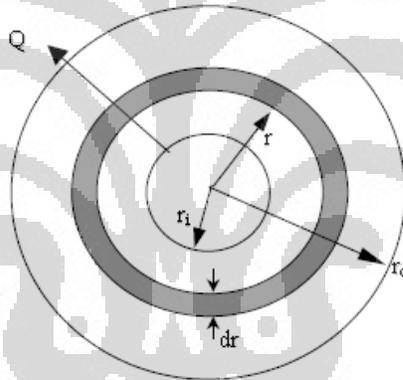
Persamaan tersebut mirip dengan hukum Ohm dalam jaringan listrik, sehingga untuk perpindahan kalor dapat pula didekati dengan analogi listrik, dimana aliran kalor akan sama dengan :

$$q = \frac{\Delta T_{\text{menyeluruh}}}{\sum R_{\text{th}}} \dots\dots\dots (2.4)$$

Harga tahanan termal total  $R_{\text{th}}$  bergantung pada susunan dinding penyusunnya, apakah bersusun seri atau paralel atau gabungan <sup>[3]</sup>.

**2.2.1.2 Konduksi pada silinder**

Pada kasus perpindahan panas pada bentuk silinder dengan jarak  $r$  dari pusat silinder, tabung, atau pipa yang panjangnya  $L$  dan mempunyai jari-jari dalam  $r_1$  dan jari-jari luar  $r_0$ , seperti ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.5. Penampang Melintang Silinder

Pada jarak  $r$  akan berlaku :

$$Q_r = -kA \frac{dT}{dr} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dan jarak  $(r+dr)$  berlaku :

$$Q_{r+dr} = Q_r + \frac{dQ_r}{dr} \cdot dr \dots\dots\dots(2.6)$$

Dalam keadaan mantap laju aliran kalor pada jarak  $r$  dan  $(r+dr)$  akan sama, sehingga:

$$\frac{dQ_r}{dr} = 0$$

atau

$$\frac{d}{dr} \left( r \frac{dT}{dr} \right) = 0$$

Sehingga didapatkan solusi persamaan tersebut dengan cara mengintegrasikan:

$$T = C_1 \ln r + C_2 \dots \dots \dots (2.7)$$

Dengan kondisi batas temperatur :

- (i)  $T = T_i$  pada  $r = r_i$
- (ii)  $T = T_o$  pada  $r = r_o$

Didapatkan :

$$\frac{T - T_o}{T_i - T_o} = \frac{\ln \frac{r}{r_o}}{\ln \frac{r_i}{r_o}}$$

Karena  $A = 2\pi rL$ , untuk laju aliran kalor akan berlaku :

$$Q = 2\pi kL \frac{T_i - T_o}{\ln \frac{r_o}{r_i}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dan besarnya tahanan termal adalah :

$$R_{th} = \frac{\ln \frac{r_o}{r_i}}{2\pi kL} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan cara yang sama dan melibatkan konveksi pada permukaan bagian dalam dan luar silinder, maka untuk pipa dengan (3) lapis bahan komposit (A, B, dan C) akan berlaku :

$$R_{th} = \frac{1}{h_i A_i} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi k_A L} + \frac{\ln \frac{r_3}{r_2}}{2\pi k_B L} + \frac{\ln \frac{r_4}{r_3}}{2\pi k_C L} + \frac{1}{h_o A_o} \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana:

$h_i$  = Koevisien konveksi permukaan bagian dalam pipa

$A_i$  = Luas permukaan perpindahan panas bagian dalam pipa

$h_o$  = Koevisien konveksi permukaan bagian luar pipa

$A_o$  = Luas permukaan perpindahan panas bagian luar pipa

Sehingga jelas bahwa laju aliran panas untuk gradient temperatur yang diberikan secara langsung proporsional terhadap konduktivitas termal dari material. Sehingga dalam analisa perpindahan panas konduksi, konduktifitas termal dari material adalah sifat yang sangat penting, yang mengontrol laju aliran panas dalam suatu medium. Ada perbedaan yang besar antara konduktivitas termal dari berbagai material, Nilai tertinggi adalah pada metal murni dan nilai terendah pada gas dan uap, sedangkan material yang diisolasi dan cairan inorganik mempunyai konduktivitas termal yang berada di pertengahan.

Konduktivitas termal juga bervariasi terhadap temperatur. Untuk sebagian besar metal murni nilai k menurun seiring dengan kenaikan temperatur. Sedangkan pada gas dan material yang terisolasi, nilai k meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur<sup>[4]</sup>. Namun, konduktivitas termal bervariasi sangat cepat terhadap temperatur .

### 2.2.2 Konveksi

*Perpindahan dengan cara ini yaitu melalui aliran fluida (zat alir).*

Konveksi adalah perpindahan panas antara dua benda, yang terjadi melalui zat alir (fluida) yang bergerak. Yang dimaksud dengan konveksi ialah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses perpindahan kalor secara aliran/ konveksi merupakan satu fenomena permukaan. Proses konveksi hanya terjadi di permukaan bahan. Jadi dalam proses ini struktur bagian dalam bahan kurang penting. Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu adalah yang utama. Lazimnya, keadaan keseimbangan termodina-

mika di dalam bahan akibat proses konduksi, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya. Dalam hal ini dikatakan suhu permukaan adalah  $T_1$  dan suhu udara sekeliling adalah  $T_2$  dengan  $T_1 > T_2$ . Kini terdapat keadaan suhu tidak seimbang diantara bahan dengan sekelilingnya.

Apabila kalor berpindah dengan cara gerakan partikel yang telah dipanaskan dikatakan perpindahan kalor secara konveksi. Bila perpindahannya dikarenakan perbedaan kerapatan disebut konveksi alami (*natural convection*) dan bila didorong, misal dengan fan atau pompa disebut konveksi paksa (*forced convection*).

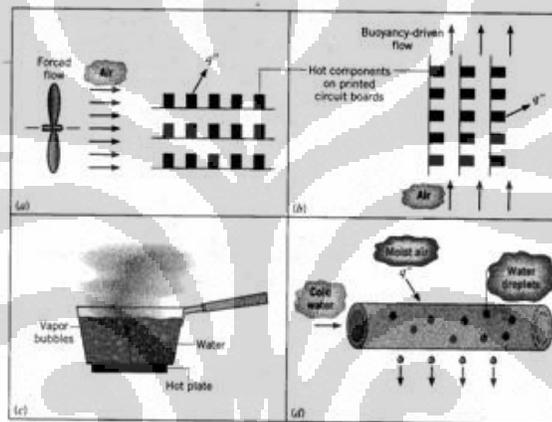


FIGURE 1.5 Convection heat transfer processes. (a) Forced convection. (b) Natural convection. (c) Boiling. (d) Condensation.

Gambar 2.6. Perpindahan Panas Konveksi. (a) Konveksi Paksa, (b) Konveksi Alami, (c) Pendidihan, (d) Kondensasi

Besarnya konveksi tergantung pada :

- Luas permukaan benda yang bersinggungan dengan fluida ( $A$ ).
- Perbedaan suhu antara permukaan benda dengan fluida ( $\Delta T$ ).
- koefisien konveksi ( $h$ ), yang tergantung pada :
  - ❖ viscositas fluida
  - ❖ kecepatan fluida
  - ❖ perbedaan temperatur antara permukaan dan fluida
  - ❖ kapasitas panas fluida
  - ❖ rapat massa fluida

- ❖ bentuk permukaan kontak

$$\text{Konveksi : } H = h \times A \times \Delta T \dots\dots\dots (2.11)$$

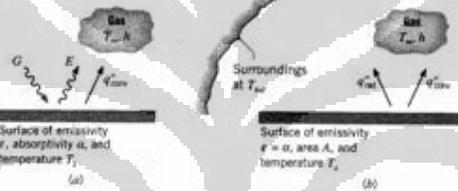
### 2.2.3 Radiasi

*Perpindahan dengan cara ini yaitu dengan cara pancaran langsung.*

Radiasi adalah perpindahan panas antara dua benda yang tidak saling bersentuhan. Frekuensi dan intensitas, radiasi yang dipancarkan tergantung pada suhu benda yang mengeluarkan radiasi. Semakin tinggi suhu benda yang mengeluarkan radiasi, semakin tinggi pula intensitas radiasinya. Semua benda memancarkan kalor. Keadaan ini baru terbukti setelah suhu meningkat. Pada hakekatnya proses perpindahan kalor radiasi terjadi dengan perantaraan foton dan juga gelombang elektromagnet<sup>[5]</sup>. Terdapat dua teori yang berbeda untuk menerangkan bagaimana proses radiasi itu terjadi. Semua bahan pada suhu mutlak tertentu akan menyinari sejumlah energi kalor tertentu. Semakin tinggi suhu bahan tadi maka semakin tinggi pula energy kalor yang disinarkan. Proses radiasi adalah fenomena permukaan. Proses radiasi tidak terjadi pada bagian dalam bahan. Tetapi suatu bahan apabila menerima sinar, maka banyak hal yang boleh terjadi. Apabila sejumlah energi kalor menimpa suatu permukaan, sebahagian akan dipantulkan, sebahagian akan diserap ke dalam bahan, dan sebagian akan menembusi bahan dan terus ke luar. Jadi dalam mempelajari perpindahan kalor radiasi akan dilibatkan suatu fisik permukaan.

Bahan yang dianggap mempunyai ciri yang sempurna adalah jasad hitam. Disamping itu, sama seperti cahaya lampu, adakalanya tidak semua sinar mengenai permukaan yang dituju. Jadi, dalam masalah ini kita mengenal satu faktor pandangan yang lazimnya dinamakan faktor bentuk. Maka jumlah kalor yang diterima dari satu sumber akan berbanding langsung sebagiannya terhadap faktor bentuk ini. Dalam pada itu, sifat terma permukaan bahan juga penting. Berbeda dengan proses konveksi, medan aliran fluida disekeliling permukaan tidak penting, yang penting ialah sifat terma saja. Dengan demikian, untuk memahami proses radiasi dari satu permukaan kita perlu memahami juga keadaan fisik permukaan bahan yang terlibat dengan proses radiasi yang berlaku.

Proses perpindahan kalor sering terjadi secara serentak. Misalnya sekeping plat yang dicat hitam. Lalu dikenakan dengan sinar matahari. Plat akan menyerap sebahagian energi matahari. Suhu plat akan naik ke satu tahap tertentu. Oleh karena suhu permukaan atas naik maka kalor akan berkonduksi dari permukaan atas ke permukaan bawah. Dalam pada itu, permukaan bagian atas kini mempunyai suhu yang lebih tinggi dari suhu udara sekeliling, maka jumlah kalor akan disebarkan secara konveksi. Tetapi energi kalor juga disebarkan secara radiasi. Dalam hal ini dua hal terjadi, ada kalor yang dipantulkan dan ada kalor yang dipindahkan ke sekeliling.



Gambar 2.7. Perpindahan Panas Radiasi (a) pada Permukaan, (b) antara Permukaan dan Lingkungan

Berdasarkan kepada keadaan terma permukaan, bahan yang di pindahkan dan dipantulkan ini dapat berbeda. Proses radiasi tidak melibatkan perbedaan suhu. Keterlibatan suhu hanya terjadi jika terdapat dua permukaan yang mempunyai suhu yang berbeda. Dalam hal ini, setiap permukaan akan menyinarakan energi kalor secara radiasi jika permukaan itu bersuhu  $T$  dalam unit suhu mutlak. Lazimnya jika terdapat satu permukaan lain yang saling berhadapan, dan jika permukaan pertama mempunyai suhu  $T_1$  mutlak sedangkan permukaan kedua mempunyai suhu  $T_2$  mutlak, maka permukaan tadi akan saling memindahkan kalor . Selanjutnya juga penting untuk diketahui bahwa :

1. Kalor radiasi merambat lurus.
2. Untuk perambatan itu tidak diperlukan medium

Pada proses radiasi, energi termis diubah menjadi energi radiasi. Energi ini termuat dalam gelombang elektromagnetik, khususnya daerah inframerah (700

nm - 100  $\mu$ m). Saat gelombang elektromagnetik tersebut berinteraksi dengan materi energi radiasi berubah menjadi energi termal.

Untuk benda hitam, radiasi termal yang dipancarkan per satuan waktu per satuan luas pada temperatur T kelvin adalah :

$$E = e\sigma T^4 \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :  $\sigma$  = konstanta Boltzmann :  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/ m}^2 \text{ K}^4$ .

$e$  = emitansi ( $0 \leq e \leq 1$ )

### 2.2.4 Evaporasi

*Perpindahan dengan cara ini yaitu dengan cara penguapan.* Evaporasi atau penguapan ialah proses perubahan benda dari fase cair ke fase gas. Perubahan benda (misalnya air) dari fase cair ke fase gas memerlukan sejumlah besar energi dalam bentuk panas. Jumlah panas yang diperlukan untuk mengubah air (atau zat cair lainnya) dari fase cair menjadi gas dinamakan panas penguapan. Hal ini berarti bahwa penguapan air memerlukan sejumlah panas, dan panas tersebut biasanya diperoleh dari lingkungannya. Akibatnya, penguapan akan dapat menyebabkan terjadinya pendinginan lingkungan sekitarnya.

### 2.3 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 ATmega16 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 ATmega16. 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 :

$$Resolusi = Q = \frac{V_{ref}}{2^N} \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan :

Q = tingkat kuantisasi / resolusi

Vref = tegangan referensi

N = jumlah bit keluaran

## **BAB 3**

### **PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini penulis ingin membahas secara menyeluruh apa yang tercakup dalam pembuatan mekanik, cara kerja alat dan sistem serta cara kerja pembuatan alat secara umum. Serta mengenai fungsi alat dan blok diagram secara keseluruhan serta cara kerjanya secara rinci dalam tiap-tiap sub bab.

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

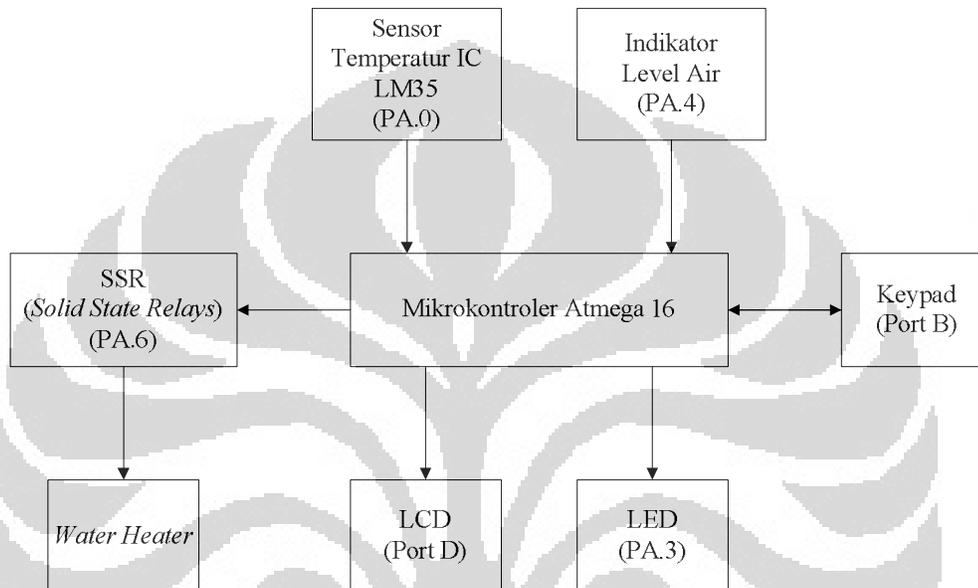
Pada dasarnya alat yang saya buat menggunakan prinsip perambatan panas, perambatan panas yang saya gunakan adalah konduksi (hantaran). Panas mengalir karena ada perbedaan temperatur antara dua objek/benda. Panas akan mengalir dari temperatur tinggi menuju temperatur rendah. Monitoring system yang bekerja pada alat ini menggunakan software dari Bascom-AVR (*Basic Compiler – AVR*) yang menjadi pengatur lalu lintas dari system alat ini.

. Bascom berperan sebagai program yang memerintahkan agar sistem dapat bekerja, bascom hanyalah *software* yang kemudian tersimpan di Atmega16. Dalam perancangan system ini memakai berbagai macam elektronik dalam menjalankan proses system ini. Pada prinsipnya alat ini berfungsi untuk mengukur nilai konduktivitas panas pada karet. Pemakaian alat dimulai dengan memanaskan air yang ada di tabung pemanas (tabung A) yang mana tabung ini akan menghasilkan uap. Uap ini akan di alirkan ke tabung yang lain (tabung B) di mana terdapat lilitan karet sebagai penghantarnya. Lilitan karet inilah yang akan di ukur konduktivitas panasnya. Pada tabung B terdapat sensor temperatur. Sensor temperatur yang di gunakan adalah IC LM35. Sensor ini akan membaca temperatur pada tabung B. Temperatur yang terbaca merupakan input untuk mikrokontroler. Input temperatur ini akan diproses oleh mikrokontroler untuk di mendapatkan nilai konduktivitas panas pada karet.

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 Rangkaian

Pada perancangan ini dibuat diagram blok terlebih dahulu untuk menggambarkan sistem dari alat secara keseluruhan. Dari setiap blok kemudian dibuat rangkaian sesuai fungsinya seperti gambar 3.1 dibawah ini.



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

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

1. *Water Heater*

Pada sistem ini menggunakan water heater sebesar 3000 Watt. Hal ini di maksudkan agar dapat mendidihkan  $\pm$  2 liter air dan menghasilkan uap dalam waktu yang singkat. Uap panas yang di hasilkan akan di alirkan ke tabung B melalui sebuah karet silikon.

2. *SSR (Solid State Relays)*

Dalam sistem ini digunakan SSR 40A AC dan 3-32V DC. SSR berfungsi apabila level air dalam tabung pemanas mendeteksi bahwa air kosong,

maka port A.6 akan aktif dan memerintahkan SSR untuk memutuskan aliran tegangan ke *heater*.

### 3. Sensor Temperatur (LM35)

Sensor LM35 ini berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu air yang terbaca pada tabung B, yang mana pada tabung B terdapat lilitan karet yang di aliri uap panas dari tabung A. Temperatur uap yang melewati karet silikon akan berpindah ke air. Hal ini di karenakan temperatur uap lebih tinggi dari pada temperatur air. Pembacaan suhu awal ( $T$ ), perubahan suhu ( $\Delta T$ ), dan suhu akhir ( $T'$ ) tersebut merupakan parameter-parameter input untuk mikrokontroler. Parameter Input ini berupa nilai temperatur. Input temperatur ini masuk ke mikrokontroler berupa tegangan yang kemudian akan diproses oleh mikrokontroler untuk menghasilkan nilai konduktivitas panas pada karet.

### 4. Mikrokontroler ATmega16

Pada sistem ini menggunakan Mikrokontroler tipe ATmega 16. Mikro ini merupakan chip yang di dalamnya tertanam program yang penulis buat. Mikrokontroler berfungsi sebagai “otak” untuk mengolah data-data yang masuk untuk di kalkulasi. Untuk mengolah data, penulis menggunakan *software* dari Bascom-AVR (*Basic Compiler – AVR*) yang menjadi pengatur lalu lintas dari sistem ini.

### 5. Indikator Level Air

Indikator level air berfungsi sebagai sensor. Cara kerja sensor ini seperti saklar. Apabila pada tabung pemanas masih terisi air, maka sensor ini akan seperti saklar dalam keadaan terbuka, namun apabila pada tabung pemanas sudah tidak ada air maka sensor ini akan seperti saklar tertutup.

### 6. LED

LED pada sistem ini berfungsi sebagai indikator terhadap level air. Apabila sensor level mendeteksi air kosong, maka LED akan menyala. Begitu juga sebaliknya, apabila sensor level mendeteksi air masih ada atau sudah terisi, maka LED akan mati.

### 7. Keypad

*Keypad* berfungsi untuk menginputkan nilai parameter yang di butuhkan mikrokontroler untuk memproses data. Sebelum diproses mikrokontroler membutuhkan parameter-parameter seperti jari-jari terluar (R1) dan jari-jari terdalam (R2) lilitan karet, nilai M kalorimeter dan panjang lilitan karet silikon (L) yang terendam oleh air. Dengan memasukkan parameter-parameter tersebut melalui *keypad* maka mikrokontroler akan memproses parameter-parameter yang masuk kemudian di dapatkan nilai konduktivitas pada karet.

### 8. Display (LCD)

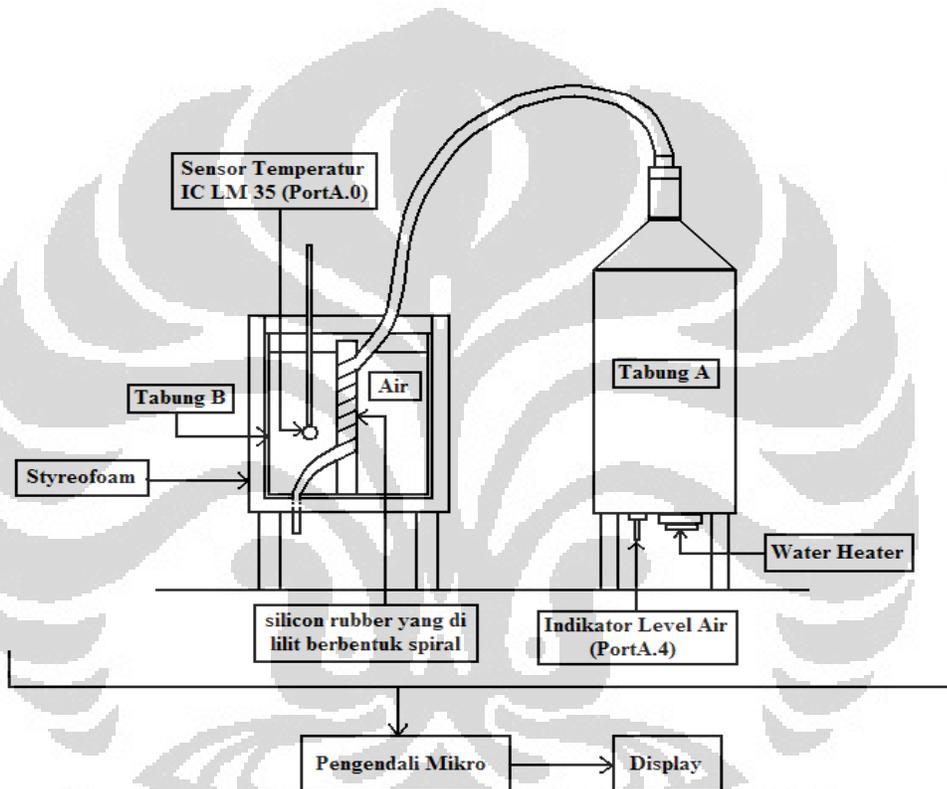
Display berfungsi menampilkan nilai parameter-parameter yang di inputkan melalui *keypad* dan menampilkan nilai konduktivitas panas pada karet yang telah di kalkulasi oleh mikrokontroler.

## 3.3 Konstruksi Mekanik

Pada konstruksi mekanik ini penulis menggunakan 2 buah tabung, tabung A dan tabung B. Tabung A memiliki diameter 18 cm, ketebalan 5 mm, tinggi sebesar 25 cm dan terbuat dari bahan besi. Tabung B berdiameter 18 cm, ketebalan 0.5 mm, tinggi sebesar 20 cm dan terbuat dari bahan *stainless*. Tabung A di desain berbentuk kerucut, hal ini di maksudkan agar selain menghasilkan uap, pada tabung A juga menghasilkan tekanan yang cukup besar untuk mengalirkan uap ke tabung B.

Tabung A merupakan wadah pemanas yang berfungsi untuk menghasilkan uap. Pada tabung A, terdapat satu buah *water heater* sebesar 3000 Watt. *Water heater* ini berfungsi untuk memanaskan air agar dapat menghasilkan uap. Uap yang di hasilkan kemudian di alirkan ke tabung B melalui sebuah karet silikon berdiameter dalam sebesar 6 mm dan berdiameter luar 8 mm (ketebalan 2 mm) sepanjang 30 cm. Pada tabung B terdapat lilitan karet silikon yang terendam oleh air. Karet silikon pada tabung B ini di lilit berbentuk spiral. Tujuan karet silikon dililit membentuk spiral adalah agar tidak terjadi jebakan air ketika uap dialirkan. Panas akan berpindah dari temperatur tinggi menuju temperatur yang lebih rendah. Agar tidak terjadi perpindahan panas pada tabung B, maka tabung B

tersebut di balut oleh styreofam. Styreofam ini berfungsi sebagai isolator. Ketika uap di alirkan ke tabung B melalui karet silikon, panas akan berpindah ke air yang ada di tabung B. Perubahan suhu air inilah yang akan di baca oleh sensor temperatur (LM35) yang kemudian dijadikan input parameter oleh mikrokontroler. Parameter-parameter input ini kemudian diproses oleh mikrokontroler agar dapat di kalkulasi dan menghasilkan nilai konduktivitas panas pada karet.



Gambar 3.2. Rancang Bangun Otomatisasi Pengukuran Konduktivitas Panas pada Karet berbasis Mikrokontroler

### 3.4 Konstruksi Rangkaian

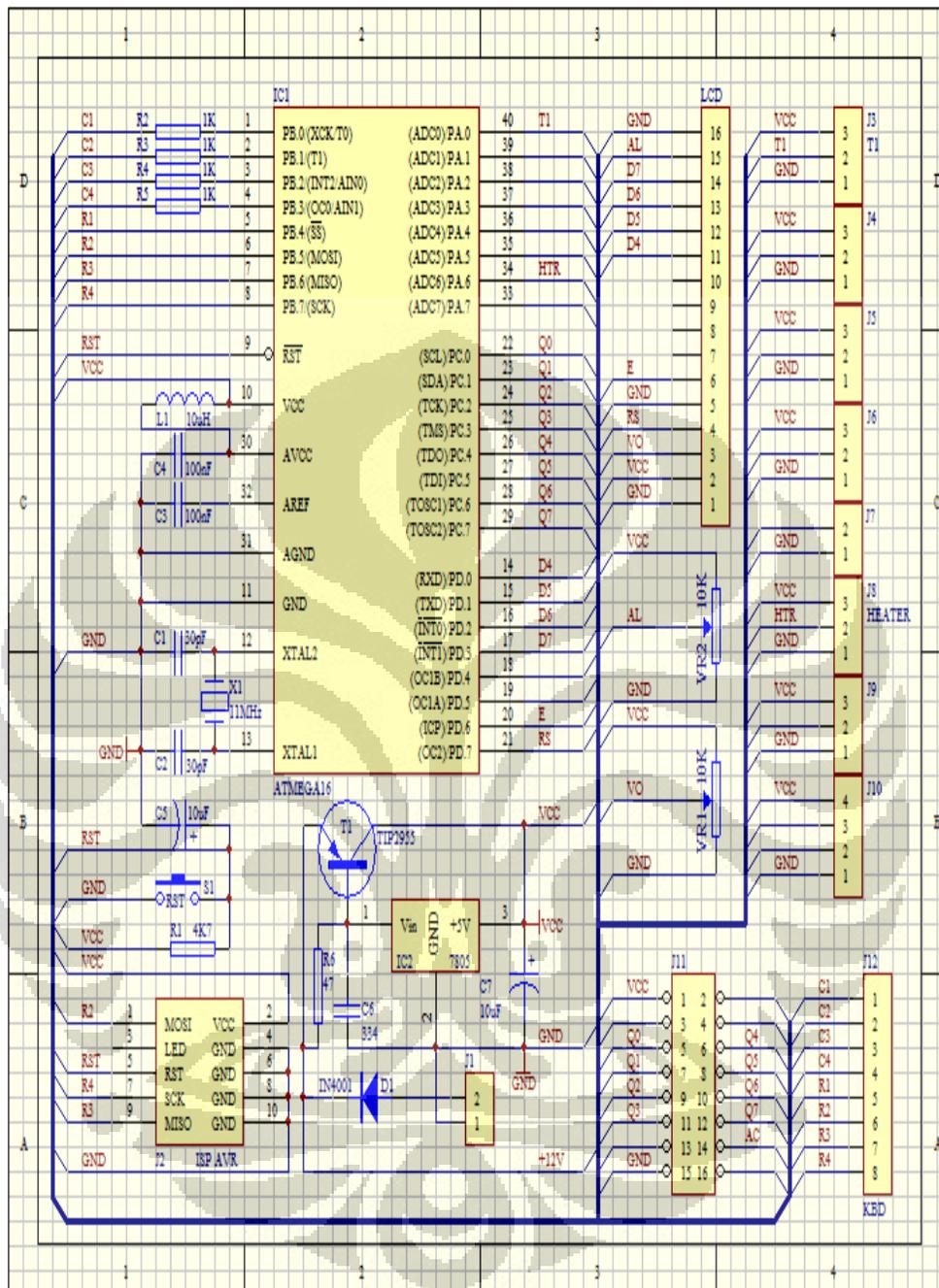
Pada konstruksi ini adalah pembuatan rangkaian untuk mensinkronisasikan antara *hardware* dan *software*. Dalam perancangan rangkaian ini maka yang digunakan hanya sebatas pada *hardware* yang memerlukan rangkaian guna menjalankan *hardware* tersebut. Rangkaian yang penulis gunakan adalah rangkaian *heater*, serta rangkaian *minimum system* untuk pengendali mikrikontroler untuk ATmega16.

### 3.4.1 Rangkaian *Minimum System*

Rangkaian minimum sistem ini terdiri dari jalur *ISP programmer*, rangkaian reset mikrokontroler, 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 ATmega 16. IC mikrokontroler ATmega 16 ini memiliki 40 pin dengan saluran I/O sebanyak 32 buah (PortA, Port B, Port C, dan Port D), ADC dengan fidelitas 10 bit sebanyak 8 saluran, Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2.5 Mbps, 16 K byte *flash memory* dengan kemampuan *Read While Write*, dan 512K EEPROM<sup>[7]</sup>. Konfigurasi pin ATmega 16 dapat di lihat pada gambar 3.3 di bawah ini. Dari gambar tersebut dapat di jelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega 16 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 Oscilator*.
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.3 digunakan sebagai input dari LED, Pin A.4 digunakan sebagai input indikator level air, Pin A.6 digunakan sebagai input SSR. Port C digunakan untuk *keypad*, Port D digunakan untu LCD.



Gambar 3.3. Rangkaian *Minimum System*

ATMega16 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,

PORT<sub>xn</sub>, dan PIN<sub>xn</sub>. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit DD<sub>xn</sub> terdapat pada I/O address DDR<sub>x</sub>, bit PORT<sub>xn</sub> terdapat pada I/O address PORT<sub>x</sub>, dan bit PIN<sub>xn</sub> terdapat pada I/O address PIN<sub>x</sub>.

Bit DD<sub>xn</sub> dalam register DDR<sub>x</sub> (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila DD<sub>xn</sub> diset 1 maka P<sub>x</sub> berfungsi sebagai pin output. Bila DD<sub>xn</sub> diset 0 maka P<sub>x</sub> berfungsi sebagai pin input. Bila PORT<sub>xn</sub> diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, PORT<sub>xn</sub> harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi reset. Bila PORT<sub>xn</sub> diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila PORT<sub>xn</sub> diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* (DD<sub>xn</sub>=0, PORT<sub>xn</sub>=0) ke kondisi *output high* (DD<sub>xn</sub>=1, PORT<sub>xn</sub>=1) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (DD<sub>xn</sub>=0, PORT<sub>xn</sub>=1) atau kondisi *output low* (DD<sub>xn</sub>=1, PORT<sub>xn</sub>=0).

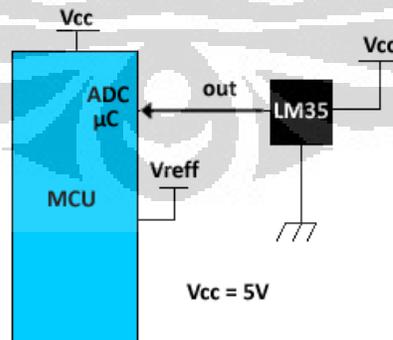
ADC internal pada ATmega16 merupakan ADC 10 bit yang bernilai 1024. Pada minimum sistem ini port A di gunakan untuk input nilai-nilai analog. ADC internal ini digunakan untuk input dari sensor serta masukan / data lain yang digunakan, seperti SSR, LED dan indikator pada heater. Prinsip kerja ADC sendiri ialah memberi tegangan masukan pada Port yang tersedia pada ATmega16. ADC memerlukan daya sebesar 5 volt pada pin V<sub>cc</sub> (V<sub>ref</sub>) dan GND dihubungkan dengan ground, dengan  $V_{ref} = \frac{1}{2} V_{cc}$ . Biasanya V<sub>ref</sub> bernilai 2.56 V, dari beberapa indikasi yang dimiliki oleh ADC kita dapat mengetahui berapa volt tegangan yang dibutuhkan oleh ADC untuk menaikan 1 byte

### 3.4.2 Rangkaian Sensor LM35

Sensor suhu LM35 merupakan IC sensor temperatur, dimana tegangan keluarannya linier dan dalam satuan celcius. Piranti ini memang didesain untuk dapat memberikan tegangan keluaran (*output*) yang berubah-ubah secara linier seiring dengan perubahan suhu (temperatur) yang juga terjadi secara linier. LM35 memiliki tegangan keluaran yang berubah-ubah sesuai suhu sekitar dengan kenaikan tegangan yang tetap. Perubahan yang terjadi di bagian keluaran IC ini

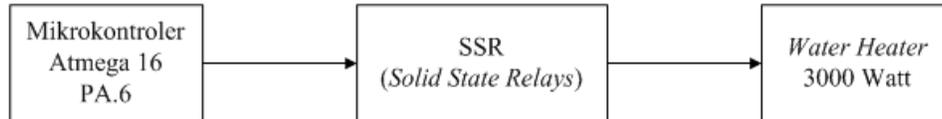
tentulah masih berupa tegangan listrik analog yang tidak dapat dibaca secara langsung oleh piranti yang menggunakan pemrosesan data secara digital. Untuk melakukan perubahan dari bentuk analog menjadi digital maka dibutuhkan piranti tambahan yang dikenal dengan nama *Analog to Digital Converter* atau lebih sering disingkat dengan ADC, dalam rangkaian ini dipergunakan ADC internal 10-bit. Pin Vin (+) dihubungkan ke keluaran dari Vout LM35 yang masih berupa tegangan analog hasil penginderaan suhu ruangan yang akan dikonversikan menjadi data digital 10-bit (400 hexadecimal = 1024 desimal).

LM35 akan memberikan respon 10 mV setiap kenaikan 1°C, respon tersebut masih berupa analog sehingga perlu di-*converter* melalui ADC yang terdapat pada ATmega16. Didalam ATmega16 terdapat ADC 10-bit yang berfungsi sebagai perubah data analog menjadi digital. Setiap kenaikan tegangan pada LM35 akan direspon oleh ADC menjadi data digital, data digital inilah yang akan menjadi referensi untuk pemrograman pada BASCOM-AVR. Tapi berapakah nilai digital untuk setiap kenaikan tegangan analog yang diberikan oleh LM35? Untuk mengaktifkan ADC diperlukan tegangan catu daya sebesar 5 volt pada pin Vcc (Vref) dan GND dihubungkan dengan *ground*. ADC biasanya memiliki Vref sebesar  $\frac{1}{2}V_{in}$ , artinya ADC memiliki Vref 2.56V. dengan mengetahui Vref maka kita dapat mengetahui respon yang diterima oleh ADC untuk menaikkan 1 data digital.



Gambar 3.4. Rangkaian LM 35

### 3.4.3 Rangkaian Heater



Gambar 3.5. Blok Diagram Rangkaian Heater

Rangkaian Heater ini menggunakan SSR (*Solid State Relay*) sebagai isolasi antara rangkaian tegangan tinggi dengan rangkaian tegangan rendah. Water Heater yang digunakan pada penelitian ini sebesar 3000 Watt, maka arus yang dihasilkan sekitar 13.6 A. SSR yang digunakan pada penelitian ini memiliki karakteristik 40A AC dan 3-32V DC. *Solid State Relay* digunakan 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. Satu faktor yang perlu diperhatikan untuk mengendalikan beban yang menggunakan tegangan AC, yaitu pada masalah waktu aktivasinya. Karena tegangan untuk AC selalu berubah-ubah maka aktivasi pada *Solid State Relay* (SSR) harus dilakukan pada saat tegangan AC mendekati nol volt. Tujuannya adalah untuk memperpanjang umur solid state itu sendiri karena jika aktivasi SSR ini pada saat tegangan AC nya berada pada tegangan 220VAC misalnya, maka akan timbul '*surge current*' yang dapat menimbulkan arus yang sangat besar dan pada akhirnya menyebabkan *solid state relay* tersebut rusak.

Dalam sistem ini SSR berfungsi apabila level air dalam tabung pemanas mendeteksi bahwa air kosong, maka port A.6 akan aktif dan memerintahkan SSR untuk memutuskan aliran tegangan ke *heater*.

### 3.5 ADC Internal

ADC merupakan suatu bentuk pengubah yang dapat mengubah sinyal *analog* menjadi sinyal *digital* <sup>[8]</sup>. Pengubah *analog* ke *digital* (ADC) dapat mengubah tegangan *analog* menjadi kode *digital*. ADC biasanya digunakan jika

keluaran dari sensor masih berupa tegangan *analog* dan pada tahap penampilan diperlukan data dalam bentuk *digital*. Keluaran yang diperoleh dari ADC merepresentasikan besarnya tegangan *analog* yang telah dikonversikan ke dalam bentuk data *digital*. Hasil konversi ADC bergantung pada tegangan referensi ( $V_{ref}$ ) yang diberikan dan jumlah bit keluaran ( $N$ ). Kepekaan ADC ditentukan oleh resolusi atau tingkat kuantisasinya. Resolusi dari ADC didefinisikan sebagai besarnya tegangan masukan yang dapat mengubah satu bit keluarannya.

$$Resolusi = \left( \frac{\text{Tegangan skala penuh}}{2^n - 1} \right) \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan :

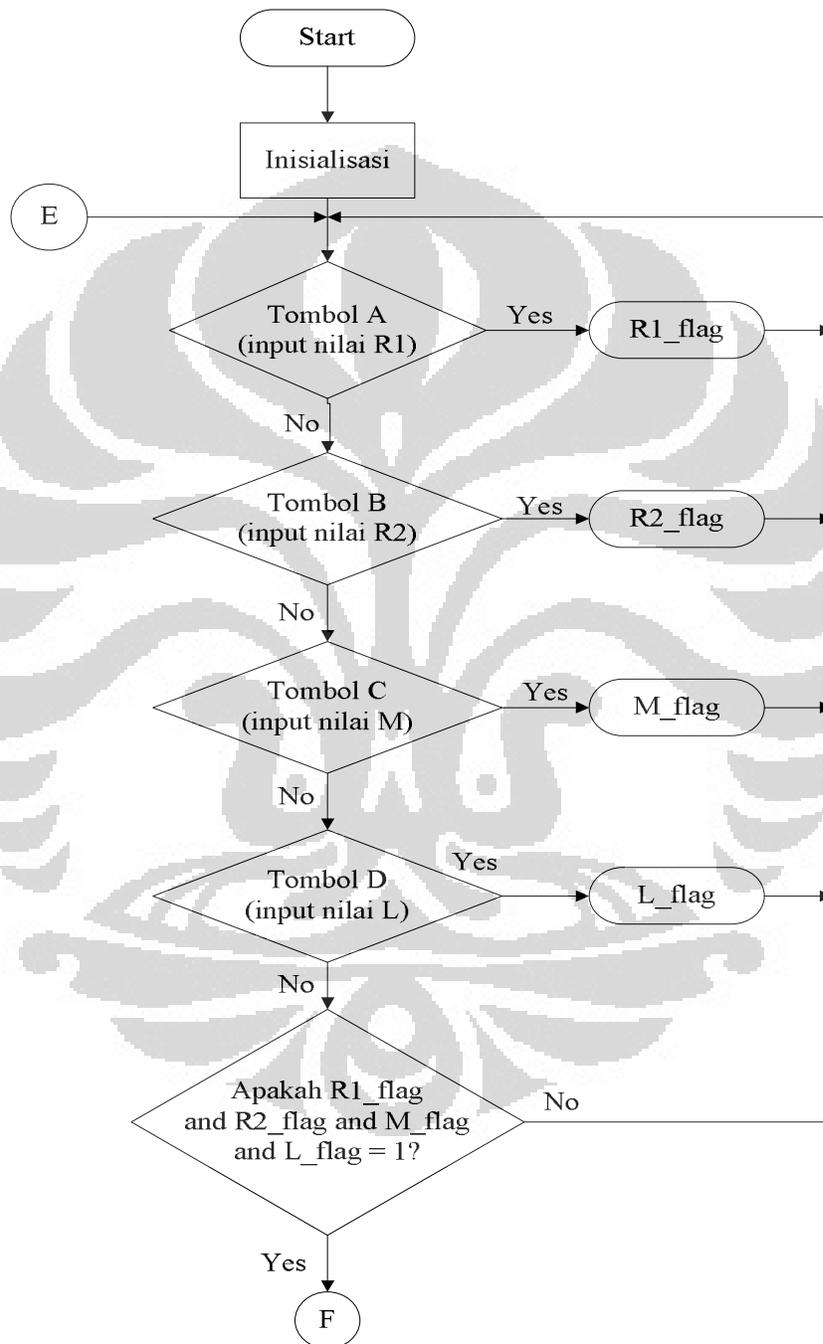
$n$  = jumlah bit keluaran

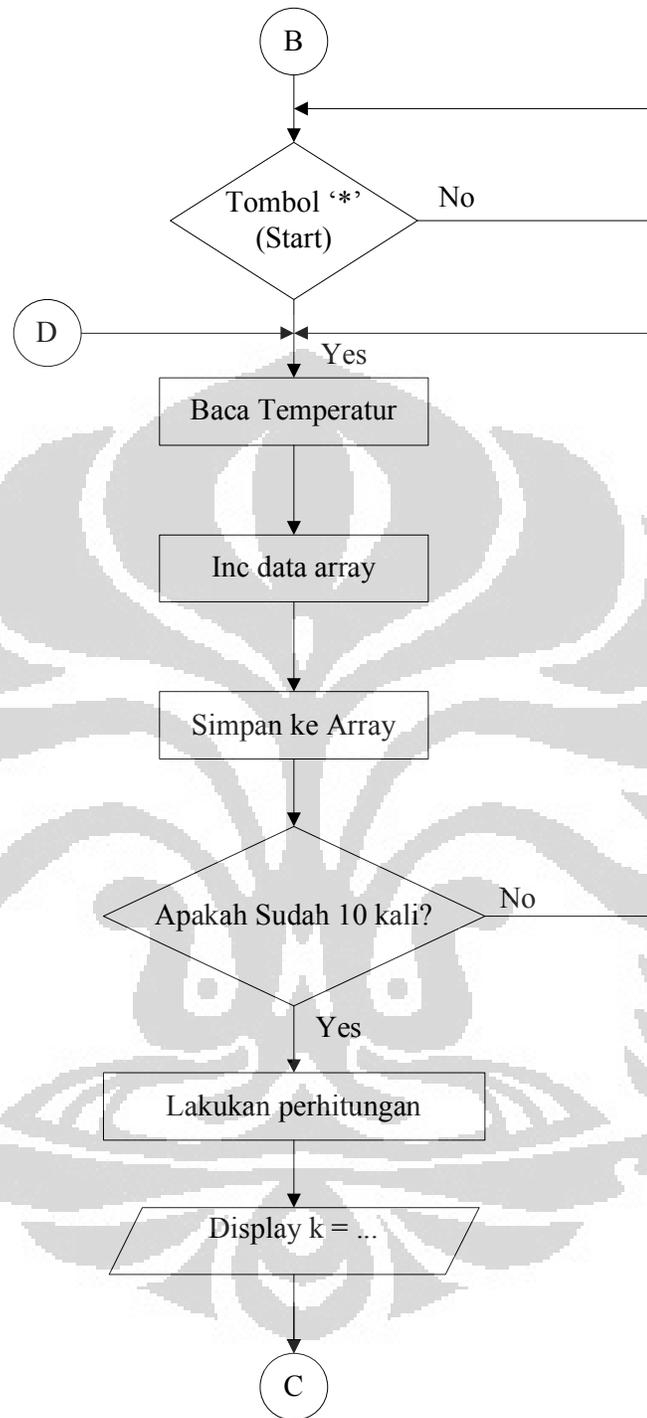
ADC internal pada ATmega16 merupakan ADC 10-bit. ADC internal ini digunakan untuk input dari sensor serta masukan / data lain yang digunakan, seperti SSR dan indikator pada water heater. Prinsip kerja ADC sendiri ialah memberi tegangan masukan pada Port yang tersedia pada ATmega16. ADC memerlukan daya sebesar 5 volt pada pin Vcc ( $V_{ref}$ ) dan GND dihubungkan dengan ground, dengan  $V_{ref} = \frac{1}{2} V_{cc}$ .

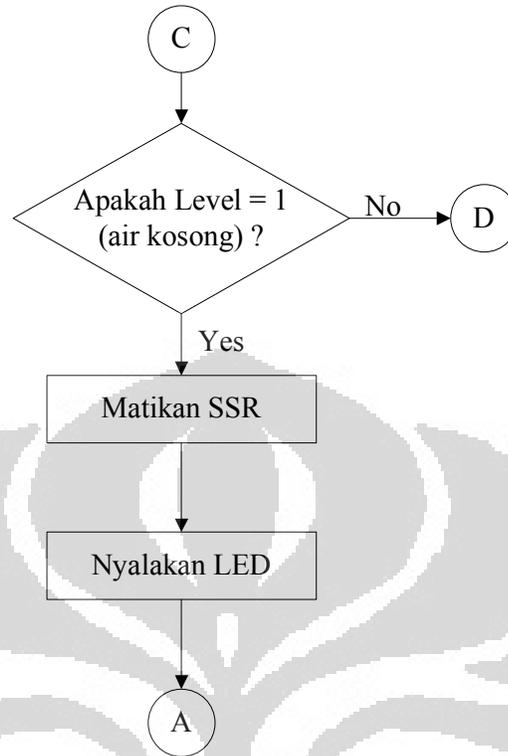
### 3.6 Perancangan *Software*

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang perancangan *software* dari sistem yang telah dibuat.

### 3.6.1 Flowchart Program Konduktivitas Panas pada Karet berbasis Mikrokontroler







Gambar 3.5. *Flowchart* Program Pengukuran Konduktivitas Panas pada Karet berbasis Mikrokontroler

Langkah kerja dari gambar 3.5. adalah :

- a) Sistem dimulai pertama kali yaitu program menginisialisasi variabel. Deklarasi variabel, kemudian menentukan konstanta yang akan digunakan untuk perhitungan pada persamaan konduktivitas panas pada karet. Proses selanjutnya mendefinisikan pin I/O, inisialisasi SSR Alias Porta.6, level Alias Pina.4, LED Alias Porta.3
- b) Kemudian inisialisasi ADC yaitu Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal
- c) Inisialisasi Keypad, Config Kbd = Portb , Delay = 200
- d) Kemudian inisialisasi Lcd yaitu Config Lcd = 20 \* 4. Merupakan jenis Lcd dengan tampilan empat baris dan 20 karakter di tiap barisnya.
- e) Setelah penginisialisasian selesai, mikrokontroler akan menunggu sampai tombol A (input nilai R1) atau tombol B (input nilai R2) atau tombol C (input nilai M) atau tombol D (input nilai L) ditekan. Dalam program ini, penekanan

tombol A, B, C, dan D tidak mesti berurutan. Apabila tombol A di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan *sub-routine* R1\_flag, apabila tombol B di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan *sub-routine* R\_2 flag, apabila tombol C di tekan selanjutnya mikrokontroler akan menjalankan *sub-routine* M\_flag, dan apabila tombol D di tekan selanjutnya mikro akan menjalankan *sub-routine* L\_flag. Kemudian mikrokontroler akan mengecek apakah ke-empat parameter tersebut sudah di imputkan atau belum. Apabila nilai R1\_flag=1 and R2\_flag=1 and M\_flag=1 and L\_flag= 1, selanjutnya mikrokontroler menunggu sampai tombol '\*' (*start*) di tekan. Listing programnya adalah sebagai berikut :

```
Do
Gosub Keypad
If S1 = "A" Then
Goto R1
Elseif S1 = "B" Then
Goto R2
Elseif S1 = "C" Then
Goto M
Elseif S1 = "D" Then
Goto L
Elseif S1 = "." And R1_flag = 1 And R2_flag = 1 And M_flag = 1 And
L_flag = 1 Then
Exit Do
Else
End If
Loop
```

Apabila tombol '\*' (*start*) belum di tekan, maka mikrokontroler akan me-looping/ menunggu sampai tombol '\*' (*start*) di tekan.

- f) Setelah tombol '\*' (*start*) ditekan, kemudian mikrokontroler akan membaca temperatur yang berada pada Porta.0. Mikrokontroler akan membaca tegangan yang masuk pada Porta.0 kemudian tegangan tersebut di kalkulasi untuk mendapatkan nilai temperatur. Program untuk mengambil nilai ADC adalah :

```

Temp:
Z1 = Getadc(0)
Z2 = Z1 * 2.56
Z3 = Z2 * 100
Z4 = Z3 / 1023
Temp_s = Fusing(z4, "###.#")
Return

```

- g) Data temperatur di ambil sebanyak 10 kali. Setiap pengambilan data selanjutnya di simpan ke array. Pengambilan data di lakukan setiap 30 detik sebanyak 10 kali. Apabila pengambilan data belum 10 kali, maka mikrokontroler akan terus mengambil data, namun apabila pengambilan data temperatur sudah 10 kali, maka mikrokontroler akan melakukan proses selanjutnya yaitu menghitung nilai konduktivitas panas pada karet. Listing programnya adalah sebagai berikut :

```

Do
  Incr Array
  Gosub Temp
  Suhu(array) = Z4
  Locate 1 , 1
  Lcd "      "
  Locate 1 , 1
  Temp_s1 = Fusing(suhu(array), "###.#")
  Lcd "T1 = " ; Temp_s1 ; " " ; Chr(1) ; "C"

Do
  Gosub Temp
  Suhu(array + 1) = Z4
  Temp_s2 = Fusing(suhu(array + 1), "###.#")
  Locate 2 , 1
  Lcd "      "
  Locate 2 , 1
  Lcd "T2 = " ; Temp_s2 ; " " ; Chr(1) ; "C"

```

```

Incr I
Locate 3 , 1
Lcd "          "
Locate 3 , 1
Lcd "WAKTU : " ; I ; " DETIK"
Wait 1
Loop Until I = 30
  I = 0

  Gosub Temp
  Suhu(array + 1) = Z4
  Temp_s2 = Fusing(suhu(array + 1) , "###.#")
  Locate 2 , 1
  Lcd "T2 = " ; Temp_s2 ; " " ; Chr(1) ; "C"
  Delta_temp = Suhu(array + 1) - Suhu(array)
  Delta_temp_s = Fusing(delta_temp , "###.#")
  Locate 4 , 1
  Lcd "          "
  Locate 4 , 1
  Lcd "DT KE " ; Array ; " = " ; Delta_temp_s ; " " ; Chr(1) ; "C"

Loop Until Array = 10
  Array = 0
  Incr Sample
  Print ""
  Print "SAMPLE KE " ; Sample
  Array = 1
  For Array = 1 To 10
    Temp_s = Fusing(suhu(array) , "###.#")
    Print "SUHU KE " ; Array ; " = " ; Temp_s
  Next Array

```

- h) Setelah melakukan pengambilan data sebanyak 10 kali, mikrokontroler akan mengkalkulasi data tersebut untuk mendapatkan nilai koreksi/ delta temperatur ( $\Delta T$ ) yang selanjutnya di kalkulasi untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas (k). Data pertama merupakan temperatur awal (T), dan data kesepuluh merupakan temperatur akhir (T'). Berikut ini program untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas (k) :

```
T1 = Suhu(1)
T10 = Suhu(10)
D = T1 + T10
T0 = 27
A = D / 2

B = 10 * T0
C = A - B
Array = 1

For Array = 1 To 9
  Suhu_total = Suhu_total + Suhu(array)
Next Array
Array = 0

E = C + Suhu_total
E = E * 0.001

L1 = 6.28 * L
A1 = M / L1
A2 = A1 * 2.303
B1 = Suhu(10) + E
B2 = B1 - Suhu(1)
C = Suhu(1) + Suhu(10)
D = C / 2
E = 100 - D
```

$$F = B2 / E$$

$$G = R1 / R2$$

$$G1 = \text{Log10}(g)$$

$$K = A2 * F$$

$$K = K * G1$$

- i) Setelah di kalkulasi selanjutnya nilai konduktivitas panas (k) tersebut di tampilkan ke LCD. Program untuk menampilkan nilai 'k' pada LCD :

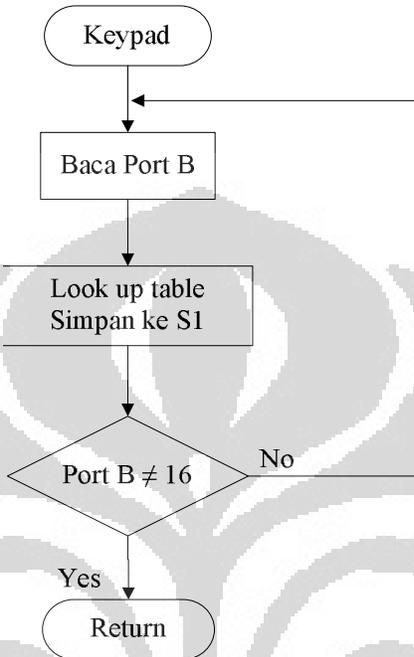
```
Cls  
Temp_s = Fusing(k , "#.###")  
Lcd "k = " ; Temp_s  
Wait 3
```

- j) Kemudian setelah nilai 'k' di tampilkan pada LCD, mikrokontroler akan menjalankan proses selanjutnya yaitu mengecek sensor level air, apakah air masih ada pada tabung pemanas atau tidak. Apabila sensor level air pada tabung pemanas mendeteksi bahwa air sudah hampir habis, maka mikro akan mengirimkan perintah untuk mematikan SSR yang berada pada Porta.6 dan menyalakan LED yang berada pada Porta.3. Program pengecekan level air adalah sabagai berikut :

```
If Level = 1 Then  
Reset Ssr  
Reset Led  
Cls  
Lcd " AIR HABIS"  
Wait 2  
Exit Do  
Else  
Set Ssr  
Set Led  
End If
```

- k) Apabila sensor pendeteksi level air menunjukkan air masih ada, maka mikrokontroler akan melanjutkan proses pengambilan data untuk siklus yang berikutnya.

### 3.7.2 Flowchart Sub Routine Keypad



Gambar 3.6. Flowchart Sub- routine Keypad

Langkah kerja dari gambar 3.6. adalah :

- Mikrokontroler membaca Port B yang di gunakan sebagai input keypad.
- Mikrokontroler akan terus membaca Port B sampai nilai Port B tidak sama dengan 16. Apabila tombol keypad tidak di tekan, maka nilai keypad pada mikrokontroler adalah 16.
- Apabila keypad di tekan, misalnya tombol angka 1, maka angka satu ini bukanlah bentuk decimal, melainkan bentuk string yang kemudian akan di simpan pada variable S1. Berikut program pembacaan keypad :

*Keypad:*

*Key\_value = Getkbd()*

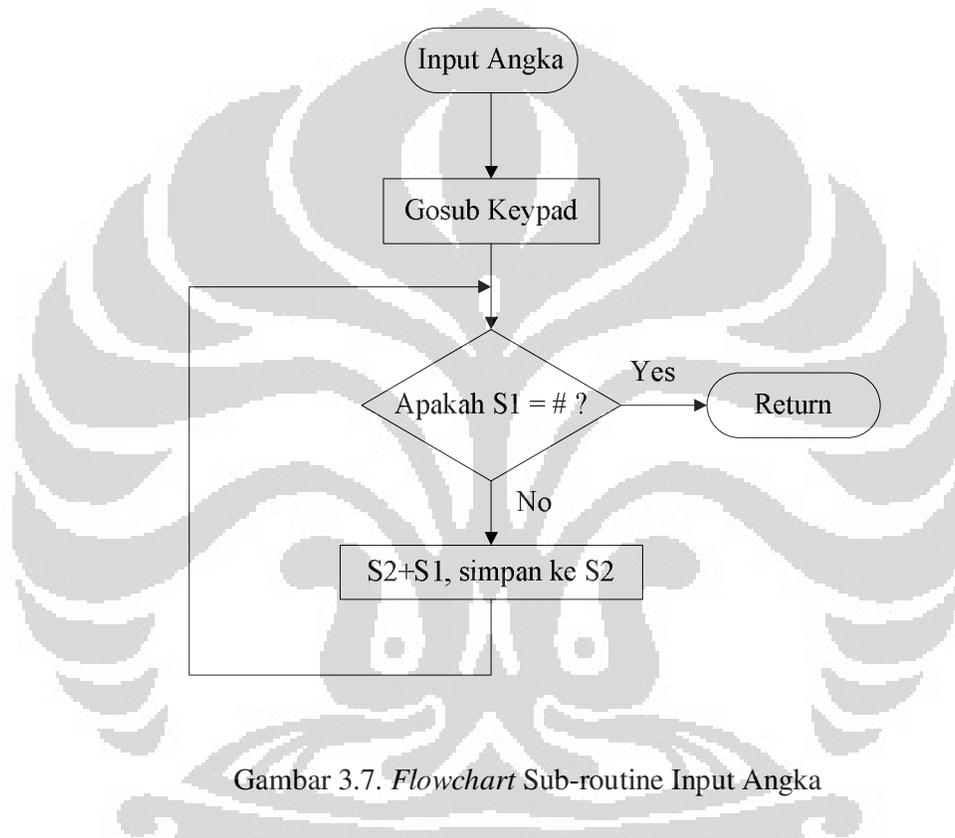
*If Key\_value = 16 Then*

*Goto Keypad*

*Else*

```
S1 = Lookupstr(key_value , Value)
End If
Return
```

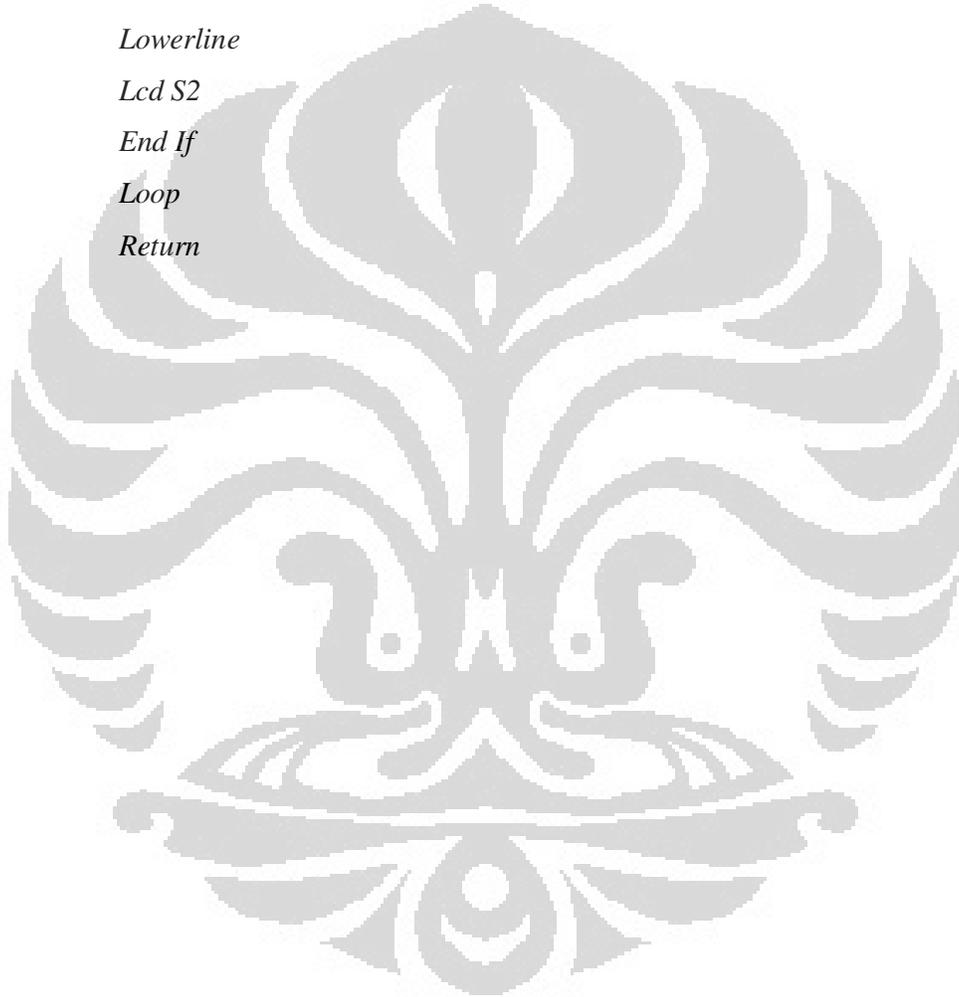
### 3.7.3 Flowchart Sub Routine Input Angka



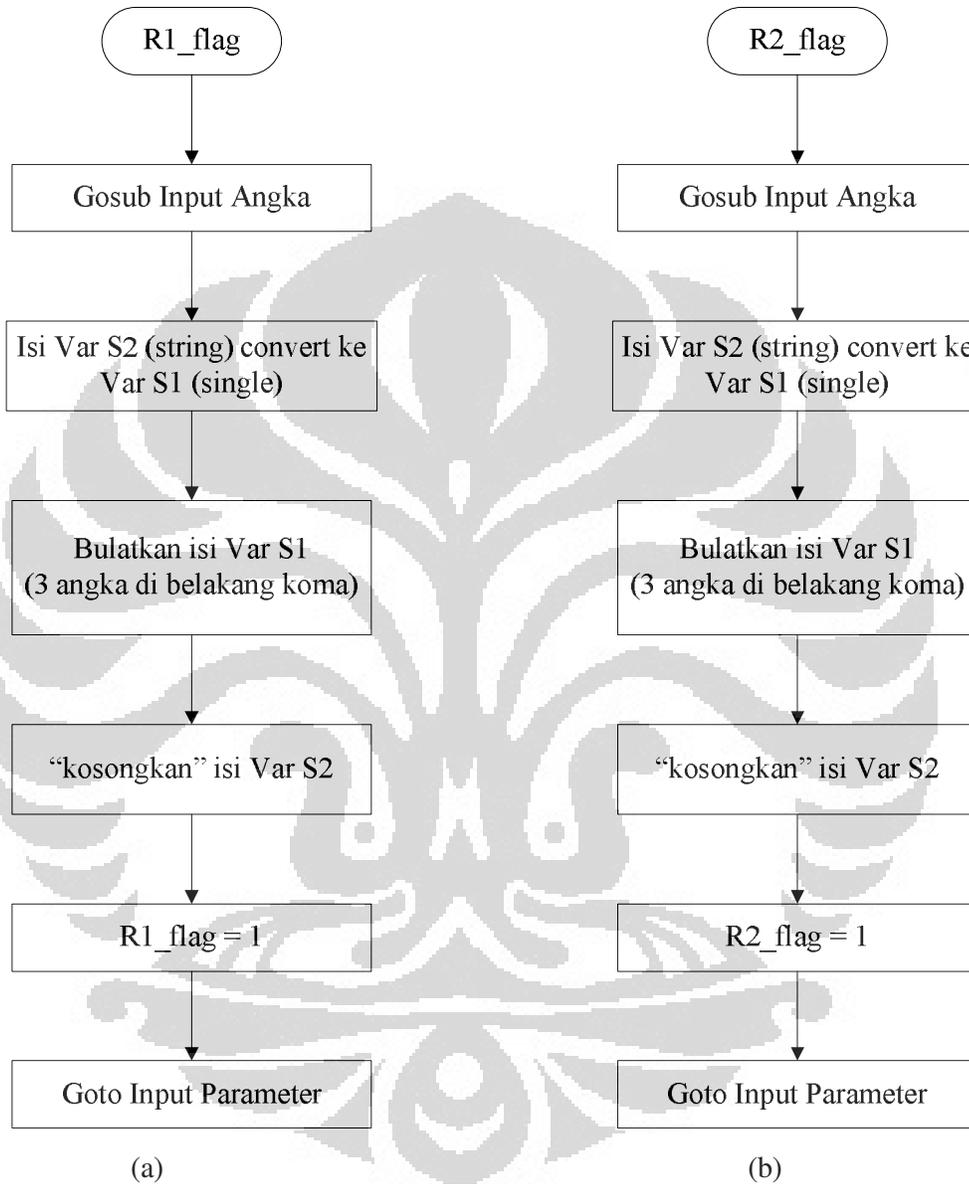
Gambar 3.7. Flowchart Sub-routine Input Angka

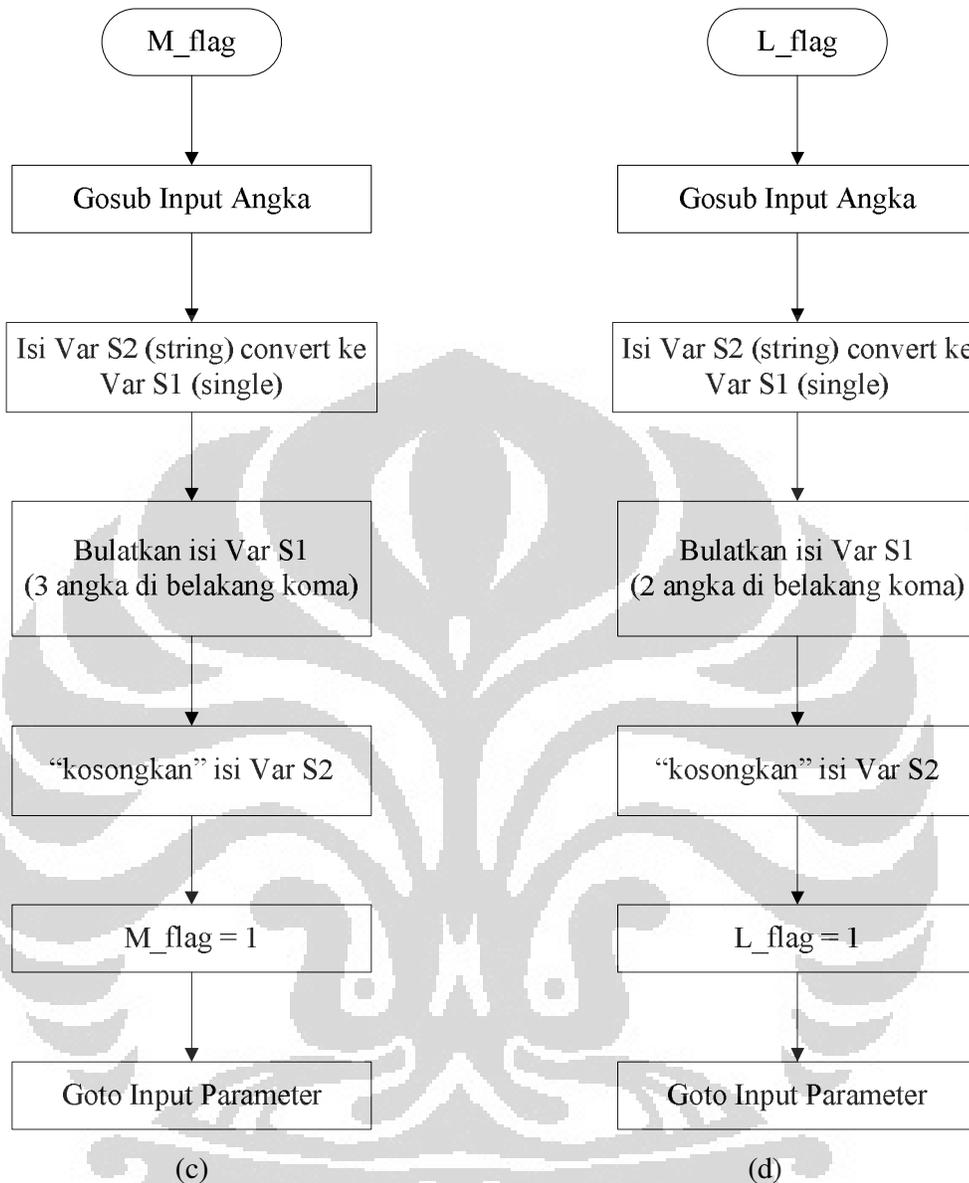
Untuk menghitung nilai 'k' di butuhkan parameter-parameter yaitu nilai R1, R2, M dan L. Parameter-parameter ini di inputkan melalui keypad. Saat tombol keypad di tekan, maka mikrokontroler akan menjalankan sub-routine "gosub keypad", mikrokontroler akan membaca dan menyimpan nilai-nilai yang di inputkan dari tombol keypad. nilai-nilai yang di inputkan berbentuk string yang di simpan pada variable S2. Apabila tombol '#' di tekan, ini menandakan bahwa nilai parameter R1 atau R2 atau M atau L sudah selesai. Berikut program untuk memasukkan input angka :

```
Input_angka:  
Do  
Gosub Keypad  
If S1 = "#" Then  
Exit Do  
Else  
S2 = S2 + S1  
Lowerline  
Lcd S2  
End If  
Loop  
Return
```



### 3.7.4 Flowchart Sub Routine R1, R2, L dan M





Gambar 3.7. *Flowchart* Sub-routine (a) R1\_flag, (b) R2\_flag, (c) M\_flag, dan (d) L\_flag

Cara kerja flowchart sub-routine R1\_flag, R2\_flag, M\_flag dan L\_flag adalah sama. Hanya Variabel nya saja yang berbeda. Angka yang telah di inputkan dari keypad kemudian di simpan ke variabel S2. Nilai-nilai yang ada di variabel S2 adalah nilai yang masih dalam bentuk string, nilai-nilai string tersebut kemudian di *convert* untuk di jadikan bentuk desimal dan kemudian di simpan ke variabel S1. Hal ini dilakukan karena dalam perhitungan matematis di butuhkan

nilai-nilai dalam bentuk desimal. Program *sub-routine* R1\_flag, R2\_flag, M\_flag dan L\_flag adalah sebagai berikut :

```
R1:
Cls
Lcd "r1 = " ; R1
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; "  "

R1 = Val(s2)                                'NILAI r1 (JARI2 LUAR)
R1_s = Fusing(r1 , "#.###")
S2 = ""
R1_flag = 1
Goto Input_parameter

R2:
Cls
Lcd "r2 = " ; R2
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; "  "

R2 = Val(s2)                                'NILAI r2 (JARI2 DALAM)
R2_s = Fusing(r2 , "#.###")
S2 = ""
R2_flag = 1
Goto Input_parameter

M:
Cls
Lcd "M = " ; M
Gosub Input_angka
```

```
Locate 1 , 5  
Lcd S2 ; "      "
```

```
M = Val(s2)                                'NILAI M (KALORIMETER2_s)  
= Fusing(r2 , "#.###")  
M_s = Fusing(m , "####.###")  
S2 = ""  
M_flag = 1  
Goto Input_parameter
```

```
L:  
Cls  
Lcd "L = " ; L  
Gosub Input_angka  
Locate 1 , 5  
Lcd S2 ; "      "
```

```
L = Val(s2)                                'NILAI L (PANJANG KARET)  
L_s = Fusing(l , "#.###")  
S2 = ""  
L_flag = 1  
Goto Input_parameter
```

## **BAB 4**

### **HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN**

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

1. Pengujian mekanik.
2. Pengujian sensor temperatur LM35.
3. Pengujian keypad.
4. Pengujian LED.
5. Pengujian indikator level.
6. Pengujian temperatur setimbang.
7. Pengujian nilai konduktivitas panas ( $k$ ) pada karet silikon.

#### **4.1 Pengujian Mekanik**

Pengujian mekanik pada pemanas air bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air sebanyak 3 liter. Selain itu pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah selama proses/ pengambilan data berlangsung wadah pemanas air mengalami kebocoran.

Pengujian pada tabung B dimana di dalamnya terdapat lilitan karet. Karet di lilit berbentuk spiral. Hal ini di maksudkan agar tidak terjadi jebakan air. Dalam pengujian mekanik ini, dibutuhkan waktu 5 menit untuk mendidihkan air agar menghasilkan uap pada tabung pemanas.

#### **4.2 Pengujian Sensor Temperatur IC LM35**

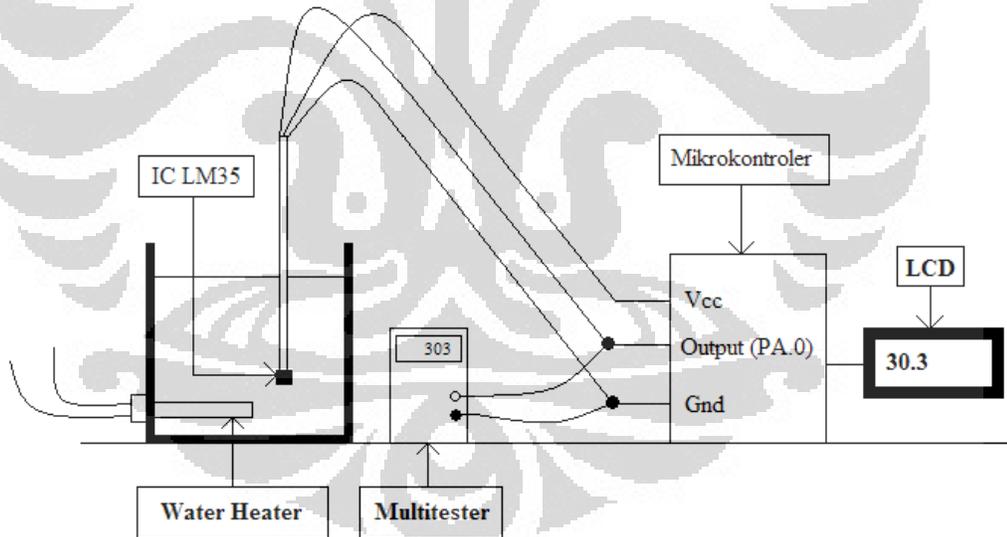
Pada data ini seperti penulis sampaikan pada bab sebelumnya, bahwa akan penulis tampilkan data IC LM35 berupa tegangan yang terbaca. Dengan memakai multimeter dapat diketahui data tegangan. Selain itu data temperatur yang terukur dapat di lihat pada LCD.

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 :

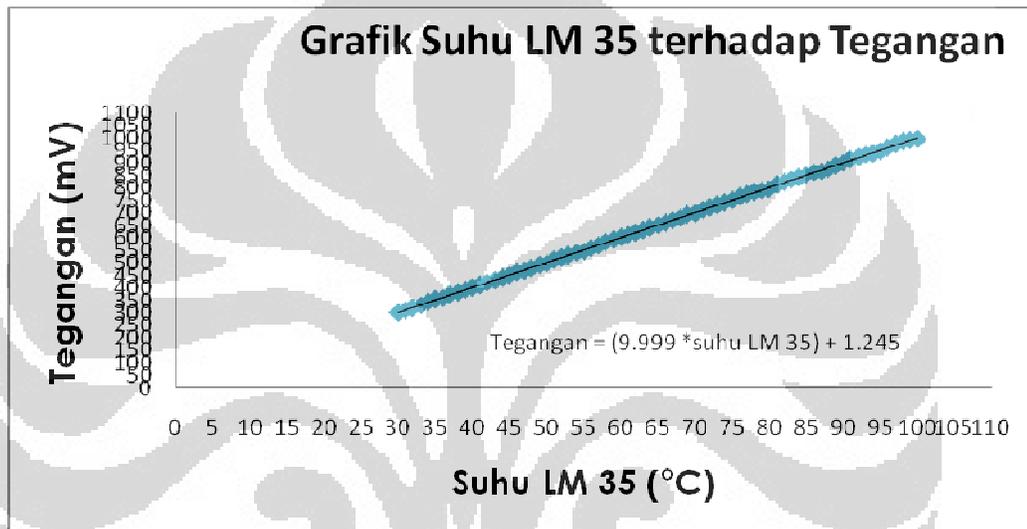
$$\text{tegangan yang terbaca} / 10 \text{ mV} = \text{suhu yang diukur (}^\circ\text{C)} \dots\dots\dots (4.2)$$



Gambar 4.1. Percobaan Mengukur Nilai Temperatur yang Terbaca oleh LM35 Terhadap Tegangan yang Terukur

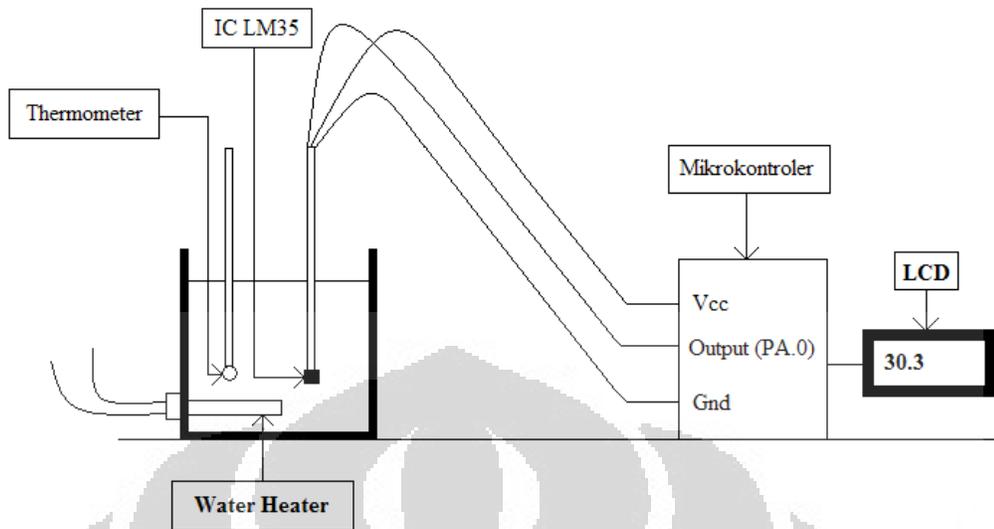
Data perbandingan antara suhu LM35 yang tertampil di LCD dengan tegangan yang terbaca pada multimeter serta data perbandingan antara suhu yang terbaca pada termometer dengan suhu yang terbaca pada LM35 dapat di lihat pada

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°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.



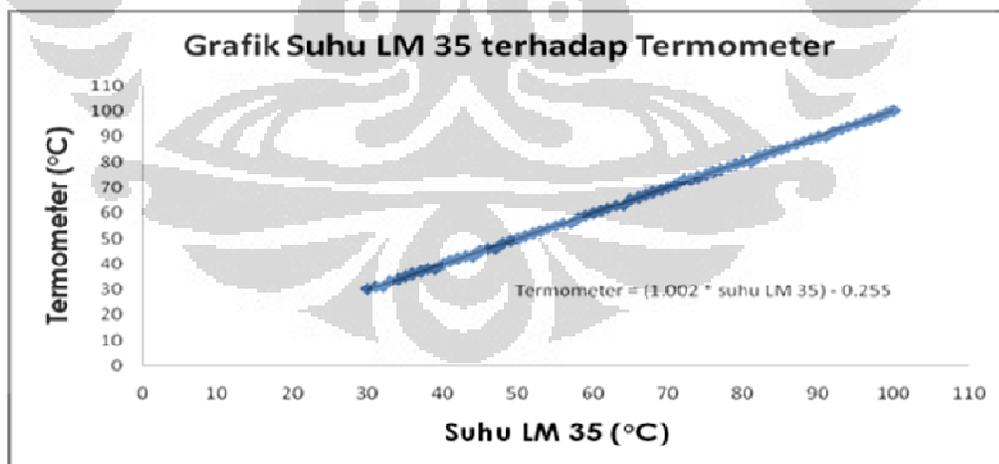
Gambar 4.2. Grafik Suhu LM35 terhadap Tegangan

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 4.3. 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.

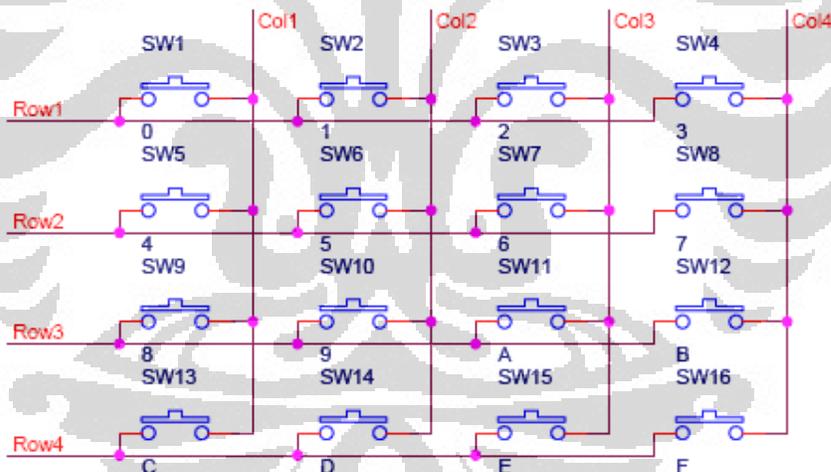


Gambar 4.4. Grafik Suhu LM35 terhadap Suhu Termometer

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 Data 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.



Gambar 4.5. Hubungan *Push Button* dengan *Wiring*

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.

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 4.2. Data Keypad 4x4



Dari data yang terdapat pada tabel 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 mikrokontroller, jika kita menekan tombol pada keypad maka tampilan yang muncul di LCD akan sesuai dengan inialisasi. Berikut adalah daftar table setelah inialisasi keypad ke mikrokontroler.

Tabel 4.3. Data Tampilan Keypad pada LCD



Jadi jika diperhatikan bahwa hal ini menunjukkan karakteristik dari keypad yang sama halnya dengan push button atau saklar.

#### 4.4 Pengujian Data LED

Pada data ini seperti penulis sampaikan pada bab sebelumnya, bahwa akan penulis tampilkan data LED berupa tegangan yang terbaca dan kondisi LED. Dengan memakai multimeter dapat diketahui data tegangan.

Tabel 4.4. Data LED

Kondisi LED	Tegangan (V)	Keterangan
Nyala	2.92	Air pada tabung pemanas akan habis
Mati	0	Air pada tabung pemanas masih tersedia

#### 4.5 Pengujian Indikator Level Air

Pada data ini seperti penulis sampaikan pada bab sebelumnya, bahwa akan penulis tampilkan data Indikator level air pada tabung pemanas berupa tegangan yang terbaca. Dengan memakai multimeter dapat diketahui data tegangan.

Tabel 4.5. Data Indikator Level Air

Kondisi Indikator Level Air	Tegangan (V)	Keterangan
Aktif	4.34	Air Kosong (Level = 1)
Mati	0	Air Ada (Level = 0)

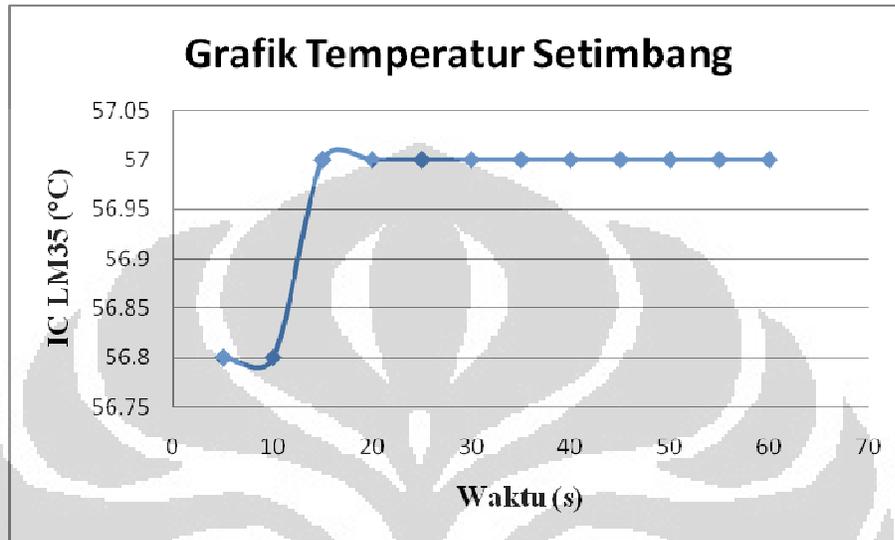
#### 4.6 Pengujian Temperatur Setimbang

Untuk mencapai temperatur setimbang, maka air dingin dengan suhu 26°C seberat 1 Kg di masukkan ke dalam wadah B, setelah itu air panas dengan temperatur 95°C seberat 1 Kg di masukkan ke dalam tabung yang sama. Kemudian air yang ada di dalam wadah B di aduk-aduk kemudian di catat temperatur setimbangnya. Pada penelitian ini temperatur setimbang berada pada suhu 51.7°C.

Tabel 4.6. Data Temperatur Setimbang

Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
5	56.8
10	56.8
15	57.0
20	57.0
25	57.0
30	57.0
35	57.0
40	57.0
45	57.0
50	57.0
55	57.0
60	57.0

Di bawah ini menunjukkan grafik nilai temperatur setimbang dari percobaan yang telah penulis lakukan.



Gambar 4.6. Grafik Temperatur Setimbang

Dari percobaan di atas penulis mendapatkan nilai suhu setimbang sebesar 57.0 °C. Nilai ini diperoleh dengan mencari nilai rata-rata temperatur dari detik ke-5 sampai detik ke-60. Dari nilai ini penulis mendapatkan nilai M sebesar 945.226 J/°C Nilai ini di dapat dengan menggunakan rumus :

$$(M_p \times C) (T_p - T_s) = M_d \times C (T_s - T_d) + M (T_s - T_d) \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana:

$M_p$  = Massa air panas (Kg)

$M_d$  = Massa air dingin (kg)

$T_p$  = Temperatur air panas (°C)

$T_d$  = Temperatur air dingin (°C)

$T_s$  = Temperatur setimbang (°C)

$C$  = Kalor jenis air (kkal/°C)

$M$  = Nilai kalorimeter (kkal/°C)

Berdasarkan perhitungan nilai M adalah :

$$\begin{aligned} M &= [ ( M_p \times C ) ( T_p - T_s ) - ( M_d \times C ) ( T_s - T_d ) ] / ( T_s - T_d ) \\ &= [(1 \text{ Kg} \times 1 \text{ kkal}/^\circ\text{C})(95^\circ\text{C}-57^\circ\text{C}) - (1 \text{ Kg} \times 1 \text{ kkal}/^\circ\text{C})(57^\circ\text{C}-26^\circ\text{C})]/(57^\circ\text{C}-26^\circ\text{C}) \\ &= 7 \text{ kkal} / 31^\circ\text{C} \\ &= 0.226 \text{ kkal}/^\circ\text{C} \times 4186 \\ &= 945.226 \text{ J}/^\circ\text{C} \end{aligned}$$

#### 4.7 Pengujian nilai konduktivitas panas (k) pada karet silikon

Untuk mengukur nilai konduktivitas panas pada karet dilakukan percobaan sebanyak 5 kali. Setiap 1 kali percobaan terdiri dari 4 siklus, dimana setiap siklus sensor LM35 mengambil data temperatur sebanyak 10 kali per 300 detik. Pengambilan data sebanyak 10 kali per 300 detik ini dilakukan untuk mendapatkan faktor koreksi ( $\Delta T$ ). Berikut adalah hasil dari percobaan yang penulis lakukan.

Tabel 4.7. Pengujian Nilai Konduktivitas Panas (k) pada Karet Silikon Siklus ke-1

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )
t1	30	27.8
t2	60	27.8
t3	90	27.8
t4	120	27.8
t5	150	27.8
t6	180	28.0
t7	210	28.0
t8	240	28.0
t9	270	28.3
t10	300	28.3

$$\Delta T = C \left\{ \frac{T + T'}{2} - nt_0 + (t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}) \right\}$$

Dimana :

n = Banyaknya pengambilan data

t<sub>0</sub> = Suhu Awal (Suhu Ruangan)

C = Konstanta depending pada calorimeter dan contents

$$\Delta T = C \left\{ \frac{27.8 + 28.3}{2} - (10 \times 27) + (27.8 + 27.8 + 27.8 + 27.8 + 27.8 + 28.0 + 28.0 + 28.0 + 28.3) \right\}$$

$$\Delta T = 0.01^\circ\text{C}$$

$$k = \frac{M}{2\pi l} \times 2.303 \times \frac{T' + \Delta T - T}{\tau - \frac{T + T'}{2}} \times \log_{10} \frac{r_1}{r_2}$$

Dimana:

k = konduktivitas (J/m°C)

r<sub>1</sub> = jari-jari luar *silicon rubber* (m)

r<sub>2</sub> = jari-jari dalam *silicon rubber* (m)

l = panjang *silicon rubber* yang tercelup dalam air (m)

M = nilai kalorimeter (J/°C)

τ = temperatur uap (°C)

$$k = \frac{M}{2\pi l} \times 2.303 \times \frac{T' + \Delta T - T}{\tau - \frac{T + T'}{2}} \times \log_{10} \frac{r_1}{r_2}$$

$$k = \frac{947.226 \text{ J/s } ^\circ\text{C}}{2 \times 3.14 \times 0.85 \text{ m}} \times 2.303 \times \frac{28.3^\circ\text{C} + 0.01^\circ\text{C} - 27.8^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C} - \frac{27.8^\circ\text{C} + 28.3^\circ\text{C}}{2}} \times \log_{10} \frac{0.008 \text{ m}}{0.006 \text{ m}}$$

$$k = \frac{133.8}{384.2}$$

$$k = 0.4 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

Tabel 4.8. Pengujian Nilai Konduktivitas Panas (k) pada Karet Silikon Siklus ke-2

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	28.3
t2	60	28.3
t3	90	28.5
t4	120	28.5
t5	150	28.5
t6	180	28.8
t7	210	28.8
t8	240	29.0
t9	270	29.0
t10	300	29.0

$$\Delta T = 0.01^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

Tabel 4.9. Pengujian Nilai Konduktivitas Panas (k) pada Karet Silikon Siklus ke-3

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	29.0
t2	60	29.3
t3	90	29.3
t4	120	29.5
t5	150	29.5
t6	180	29.5
t7	210	29.5
t8	240	29.8
t9	270	29.8
t10	300	29.8

$$\Delta T = 0.02^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.6 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

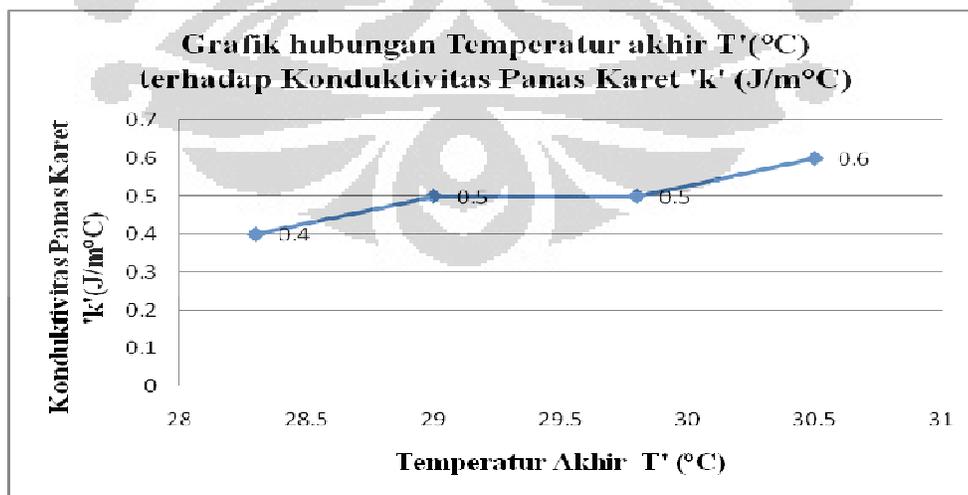
Tabel 4.10. Pengujian Nilai Konduktivitas Panas (k) pada Karet Silikon Siklus ke-4

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	29.8
t2	60	30.0
t3	90	30.0
t4	120	30.0
t5	150	30.3
t6	180	30.3
t7	210	30.3
t8	240	30.3
t9	270	30.5
t10	300	30.5

$$\Delta T = 0.03^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

Di bawah ini merupakan grafik hubungan antar temperature akhir (T') terhadap nilai konduktivitas (k). Berdasarkan percobaan yang telah penulis lakukan, ternyata nilai konduktivitas akan relatif naik ketika temperatur naik.



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Temperatur Akhir (T') terhadap Konduktivitas Panas (k)

Berdasarkan percobaan yang telah penulis lakukan nilai konduktivitas panas pada karet silikon berada pada *range* 0.348 W/ m°C sampai 0.584 W/ m°C. Dalam pengukuran di gunakan karet jenis *silicon rubber*. Bahan penyusun karet silikon ini tidak 100% karet dan 100% silikon. Penulis tidak tahu seberapa besar persen kadar karet dan seberapa besar persen kadar silikon yang digunakan untuk membuat *silicon rubber*. Oleh karena itu nilai 'k' yang di dapat dari percobaan tidak tepat 0.22 W/m°C dan 1.1 W/m°C, namun berada pada range literatur. Nilai konduktivitas panas pada karet silikon berdasarkan literatur yaitu berada pada range 0.22 W/m°C sampai 1.1 W/m°C untuk karet silikon yang bertipe "*general purpose*". Pada percobaan ini penulis melakukan pengambilan data secara berulang-ulang agar dapat melihat seberapa presisi kah nilai 'k' yang di dapat berdasarkan percobaan.

Untuk mendapatkan  $\Delta T$ , penulis melakukan 10 kali pengambilan data setiap 30 detik. Nilai  $\Delta T$  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

Berdasarkan pada hasil pengujian dan analisa terhadap hasil yang didapatkan, maka dapat diambil suatu hasil kesimpulan yaitu :

- Ketika uap mengalir dalam pipa, uap akan mengalami perpindahan panas. Perpindahan panas ini terjadi karena adanya perbedaan temperatur uap yang mengalir dan temperatur udara luar sehingga akan terjadi perpindahan panas dari dalam karet pipa ke luar.
- Berdasarkan percobaan yang telah penulis lakukan nilai konduktivitas panas pada karet silikon berada pada *range* 0.4 W/ m°C sampai 0.6 W/ m°C. Dalam pengukuran di gunakan karet jenis *silicon rubber*. Nilai konduktivitas panas pada karet silikon berdasarkan sumber-sumber yang ada yaitu berada pada rentang 0.22 W/m °C sampai 1.1 W/m °C untuk karet silikon yang bertipe “*general purpose*”.

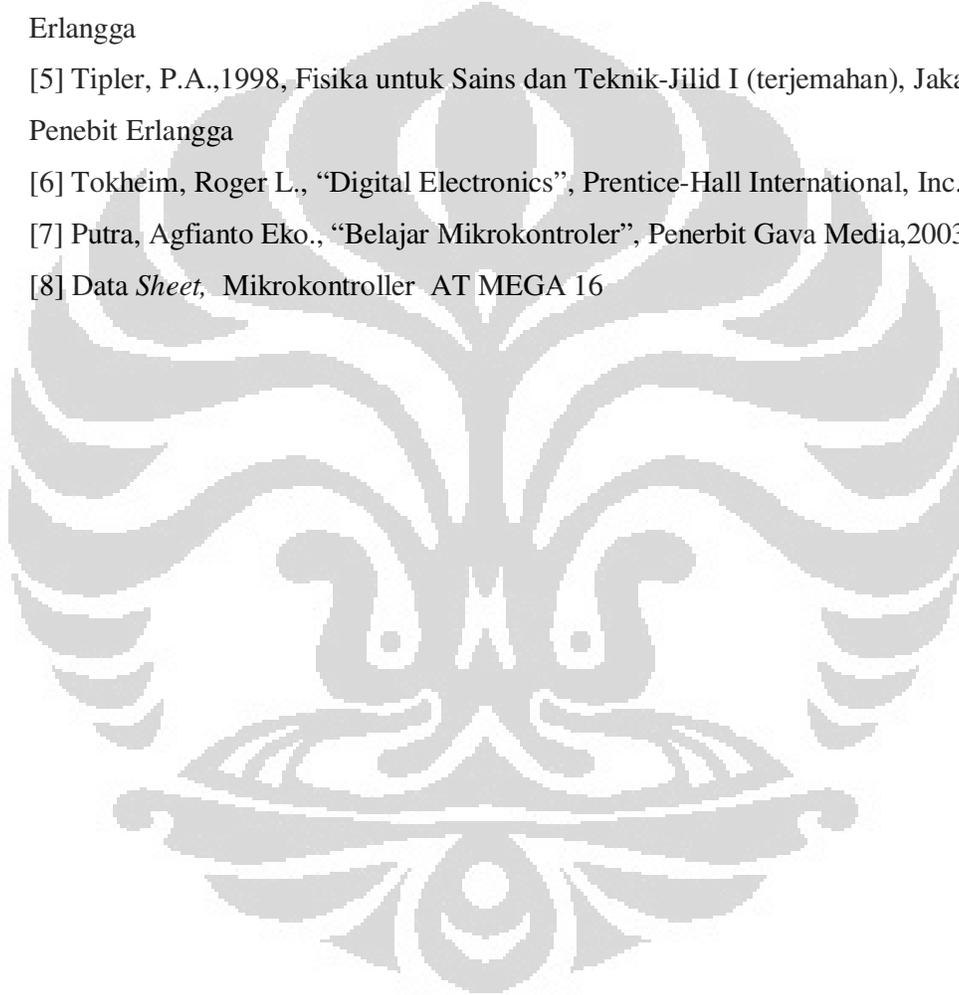
### 5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dikemudian hari dapat mempertimbangkan saran sebagai berikut dalam pendesainan alat selanjutnya:

- Dibutuhkan suatu pelindung sensor yang baik, yang tidak mempengaruhi kemampuan sensor untuk mengindera sehingga sensor dapat aman digunakan untuk mengindera suhu benda uji
- Gunakan alat ukur temperatur yang memiliki resolusi yang besar.
- Desain pemanas air sebaiknya menggunakan *safety valve*, apabila terjadi tekanan berlebih, maka *safety valve* akan terbuka.

## DAFTAR ACUAN

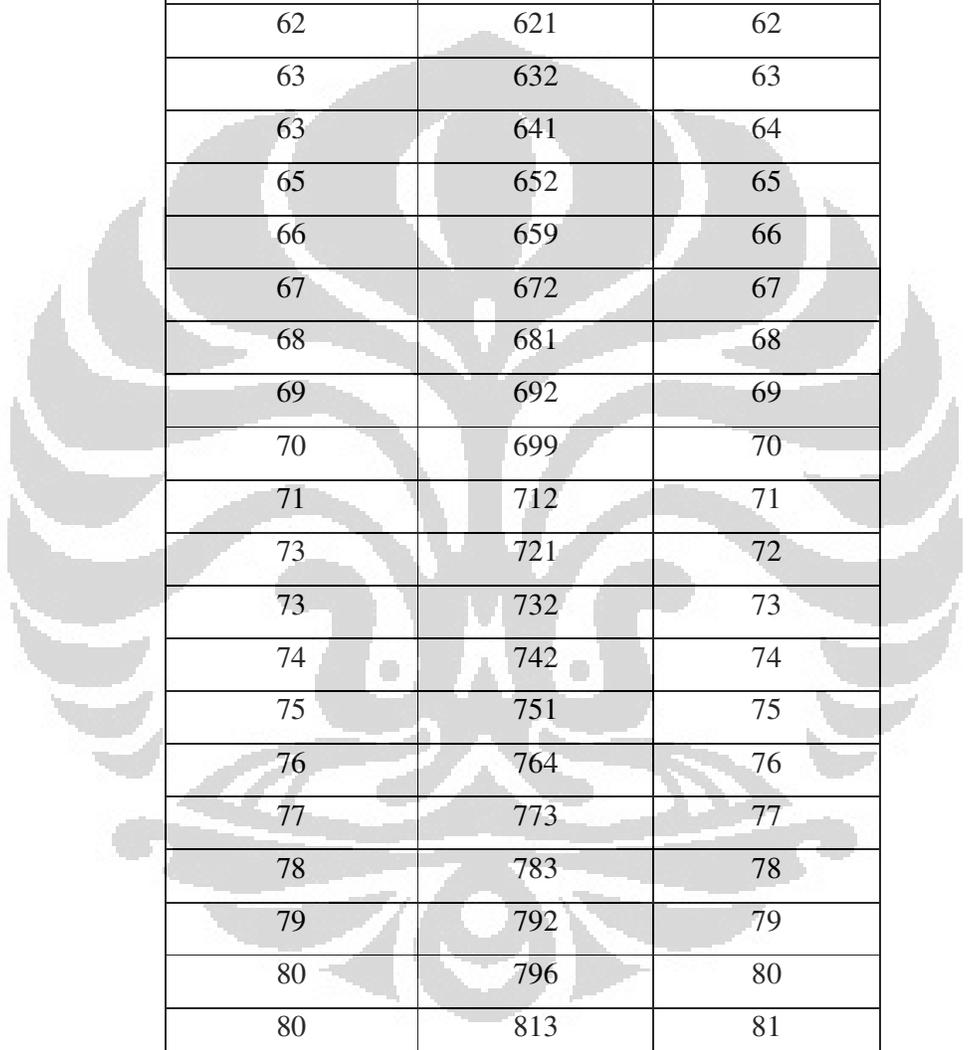
- [1] *Data Sheet*, IC LM35
- [2] Giancoli, Douglas C., 2001, Fisika Jilid I (terjemahan), Jakarta : Penerbit Erlangga
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Fast\\_Fourier\\_Transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_Transform).
- [4] Halliday dan Resnick, 1991, Fisika Jilid I, Terjemahan, Jakarta : Penerbit Erlangga
- [5] Tipler, P.A.,1998, Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan), Jakarta : Penerbit Erlangga
- [6] Tokheim, Roger L., “Digital Electronics”, Prentice-Hall International, Inc.
- [7] Putra, Agfianto Eko., “Belajar Mikrokontroler”, Penerbit Gava Media,2003.
- [8] *Data Sheet*, Mikrokontroler AT MEGA 16



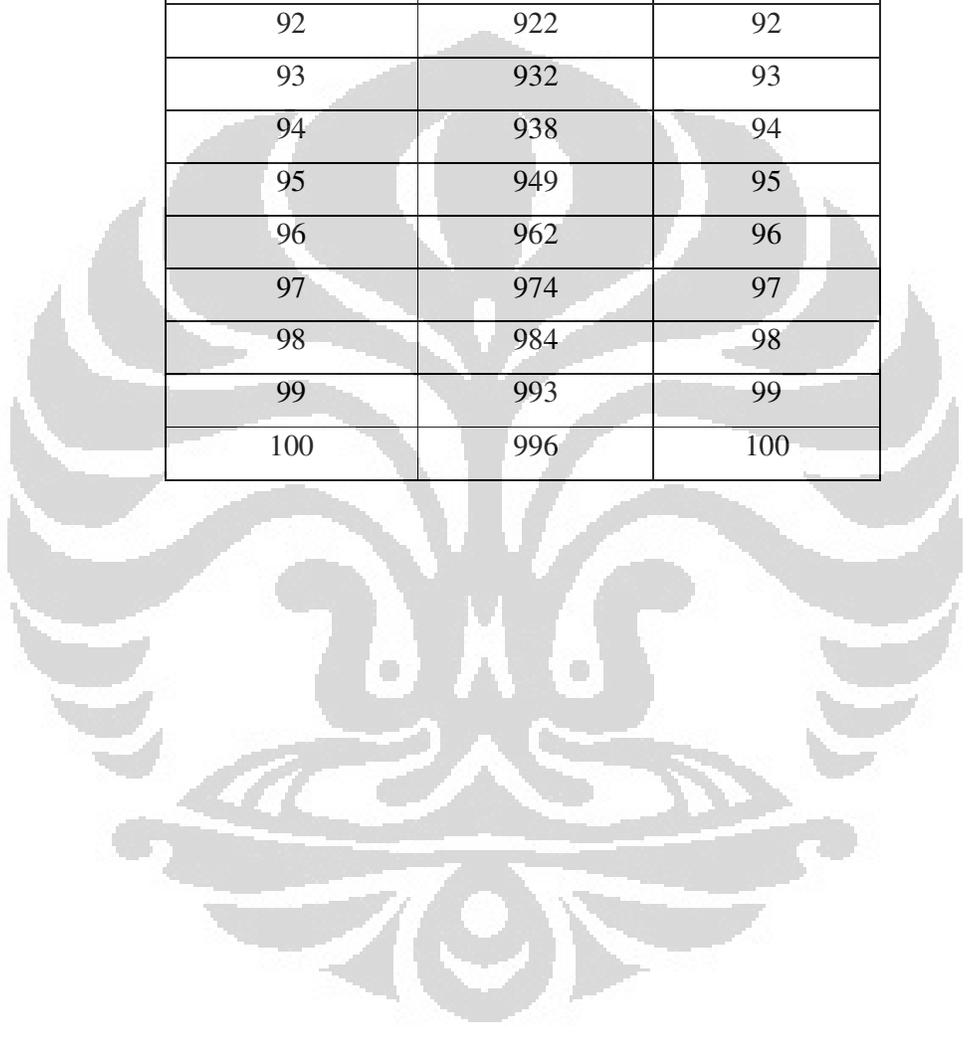
## LAMPIRAN A

### Data Suhu pada LM35

Termometer (°C)	Tegangan (mV)	IC LM35 (°C)
30	303	30
31	312	31
31	321	32
33	332	33
34	343	34
35	352	35
36	361	36
37	372	37
38	382	38
38	391	39
40	402	40
41	412	41
42	419	42
43	431	43
43	439	44
45	451	45
46	462	46
46	468	47
48	479	48
49	492	49
50	498	50
51	511	51
52	522	52
53	529	53
54	542	54
55	548	55



56	562	56
56	571	57
58	582	58
59	592	59
60	601	60
61	614	61
62	621	62
63	632	63
63	641	64
65	652	65
66	659	66
67	672	67
68	681	68
69	692	69
70	699	70
71	712	71
73	721	72
73	732	73
74	742	74
75	751	75
76	764	76
77	773	77
78	783	78
79	792	79
80	796	80
80	813	81
82	822	82
83	834	83
84	842	84
85	853	85
86	862	86



<b>Termometer (°C)</b>	<b>Tegangan (mV)</b>	<b>IC LM35 (°C)</b>
87	868	87
88	878	88
89	889	89
90	902	90
90	913	91
92	922	92
93	932	93
94	938	94
95	949	95
96	962	96
97	974	97
98	984	98
99	993	99
100	996	100

## LAMPIRAN B

### Data Konduktivitas Panas Pada Karet

#### Percobaan 1.1

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	27.8
t2	60	27.8
t3	90	27.8
t4	120	27.8
t5	150	27.8
t6	180	28.0
t7	210	28.0
t8	240	28.0
t9	270	28.3
t10	300	28.3

$$\Delta T = C \left\{ \frac{T + T'}{2} - nt_3 + (t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}) \right\}$$

n = Banyaknya pengambilan data

t<sub>0</sub> = Suhu Awal (Suhu Ruangan)

C = Konstanta depending pada calorimeter dan contents

$$k = \frac{M}{2\pi l} \times 2.303 \times \frac{T' + \Delta T - T}{\tau - \frac{T + T'}{2}} \times \log_{10} \frac{r1}{r2}$$

r1 = jari-jari luar *silicon rubber*

r2 = jari-jari dalam *silicon rubber*

l = panjang *silicon rubber*

M = nilai kalorimeter

τ = temperatur uap

$$\Delta T = C \left\{ \frac{T + T'}{2} - nt_3 + (t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1}) \right\}$$

$$\Delta T = C \left\{ \frac{27.8 + 28.3}{2} - (10 \times 27) + (27.8 + 27.8 + 27.8 + 27.8 + 27.8 + 28.0 + 28.0 + 28.0 + 28.3) \right\}$$

$$\Delta T = 0.001 \{28.0 - 270 + 251.3\}$$

$$\Delta T = 0.01^\circ\text{C}$$

$$k = \frac{M}{2\pi l} \times 2.303 \times \frac{T' + \Delta T - T}{\tau - \frac{T + T'}{2}} \times \log_{10} \frac{r_1}{r_2}$$

$$k = \frac{947.226 \text{ J/s } ^\circ\text{C}}{2 \times 3.14 \times 0.85 \text{ m}} \times 2.303 \times \frac{28.3^\circ\text{C} + 0.01^\circ\text{C} - 27.8^\circ\text{C}}{100^\circ\text{C} - \frac{27.8^\circ\text{C} + 28.3^\circ\text{C}}{2}} \times \log_{10} \frac{0.008 \text{ m}}{0.006 \text{ m}}$$

$$k = \frac{133.8}{384.2}$$

$$k = 0.4 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

### Percobaan 1.2

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur ( $^\circ\text{C}$ )
t1	30	28.3
t2	60	28.3
t3	90	28.5
t4	120	28.5
t5	150	28.5
t6	180	28.8
t7	210	28.8
t8	240	29.0
t9	270	29.0
t10	300	29.0

$$\Delta T = 0.01^\circ\text{C}$$

$$k = 0.5 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$$

### Percobaan 1.3

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	29.0
t2	60	29.3
t3	90	29.3
t4	120	29.5
t5	150	29.5
t6	180	29.5
t7	210	29.5
t8	240	29.8
t9	270	29.8
t10	300	29.8

$$\Delta T = 0.02^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.6 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 1.4

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	29.8
t2	60	30.0
t3	90	30.0
t4	120	30.0
t5	150	30.3
t6	180	30.3
t7	210	30.3
t8	240	30.3
t9	270	30.5
t10	300	30.5

$$\Delta T = 0.03^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 2.1

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	27.5
t2	60	27.5
t3	90	27.5
t4	120	27.5
t5	150	27.8
t6	180	27.8
t7	210	27.8
t8	240	28.0
t9	270	28.0
t10	300	28.0

$$\Delta T = 0.01^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.3 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 2.2

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	28.0
t2	60	28.0
t3	90	28.0
t4	120	28.0
t5	150	28.0
t6	180	28.3
t7	210	28.3
t8	240	28.3
t9	270	28.5
t10	300	28.5

$$\Delta T = 0.01^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.4 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 2.3

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	28.8
t2	60	28.8
t3	90	28.8
t4	120	29.0
t5	150	29.0
t6	180	29.0
t7	210	29.3
t8	240	29.3
t9	270	29.3
t10	300	29.5

$$\Delta T = 0.02^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 2.4

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	29.5
t2	60	29.5
t3	90	29.8
t4	120	29.8
t5	150	30.0
t6	180	30.0
t7	210	30.0
t8	240	30.3
t9	270	30.3
t10	300	30.3

$$\Delta T = 0.03^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.6 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 3.1

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	27.3
t2	60	27.3
t3	90	27.3
t4	120	27.5
t5	150	27.5
t6	180	27.5
t7	210	27.5
t8	240	27.8
t9	270	27.8
t10	300	27.8

$$\Delta T = 0.01^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.3 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 3.2

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	27.8
t2	60	27.8
t3	90	28
t4	120	28
t5	150	28
t6	180	28.0
t7	210	28.0
t8	240	28.3
t9	270	28.3
t10	300	28.5

$$\Delta T = 0.01^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.4 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 3.3

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	28.5
t2	60	28.5
t3	90	28.8
t4	120	28.8
t5	150	28.8
t6	180	29.0
t7	210	29.0
t8	240	29.0
t9	270	29.3
t10	300	29.3

$$\Delta T = 0.02^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

### Percobaan 3.4

Suhu Ke-	Detik ke- (s)	Temperatur (°C)
t1	30	29.3
t2	60	29.5
t3	90	29.5
t4	120	29.5
t5	150	29.8
t6	180	29.8
t7	210	29.8
t8	240	30.0
t9	270	30.0
t10	300	30.0

$$\Delta T = 0.03^{\circ}\text{C}$$

$$k = 0.5 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

## LAMPIRAN C

### Program Konduktivitas Panas Pada Karet

```
$regfile = "m16DEF.DAT"  
$crystal = 8000000  
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  
Deflcdchar 1 , 14 , 17 , 17 , 17 , 14 , 32 , 32 , 32 ' replace ? with number (0-7)  
Cursor Off  
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal  
Config Kbd = Portb , Delay = 200  
Config Porta.4 = Input  
Config Porta.5 = Output  
Config Porta.3 = Output  
  
Start Adc  
  
Dim S1 As String * 1  
Dim S2 As String * 5  
Dim S3 As String * 5  
Dim Temp_s As String * 5  
Dim Temp_s1 As String * 5  
Dim Temp_s2 As String * 5  
Dim R1_s As String * 5  
Dim R2_s As String * 5  
Dim M_s As String * 8  
Dim L_s As String * 5  
  
Dim Sample As Byte  
Dim R1_flag As Bit
```

Dim R2\_flag As Bit  
Dim M\_flag As Bit  
Dim L\_flag As Bit  
Dim T10 As Single  
Dim T0 As Single  
Dim Suhu\_total As Single  
Dim Key\_value As Byte  
Dim R1 As Single  
Dim R2 As Single  
Dim M As Single  
Dim L As Single  
Dim Z1 As Word  
Dim Z2 As Single  
Dim Z3 As Single  
Dim Z4 As Single  
Dim A As Single  
Dim A1 As Single  
Dim A2 As Single  
Dim B As Single  
Dim B1 As Single  
Dim B2 As Single  
Dim C As Single  
Dim D As Single  
Dim E As Single  
Dim F As Single  
Dim G As Single  
Dim G1 As Single  
Dim I As Byte  
Dim K As Single  
Dim K1 As Single  
Dim L1 As Single  
Dim T1 As Single

Dim T1b As Single  
Dim T2 As Single  
Dim Dt As Single  
Dim Rata2\_temp As Single  
Dim Delta\_temp As Single  
Dim Delta\_temp\_s As String \* 5  
Dim Rata\_temp(10) As Single

Dim Array As Byte  
Dim Suhu(10) As Single

Ssr Alias Porta.5  
Level Alias Pina.4  
Led Alias Porta.3

Reset Ssr  
Set Porta.4  
Set Led

Cls  
Locate 1 , 1  
Lcd " Pemrograman"  
Locate 2 , 1  
Lcd "Konduktivitas Panas"  
Locate 3 , 1  
Lcd "Pada Karet Berbasis"  
Locate 4 , 1  
Lcd " Mikrokontroler"  
Wait 3

Cls  
Locate 1 , 1

```
Lcd " DESTI IKA SURYANTI"
```

```
Locate 2 , 1
```

```
Lcd " 0706196512"
```

```
Wait 3
```

```
Cls
```

```
Locate 3 , 1
```

```
Lcd "PILIH A,B,C,D"
```

```
Locate 4 , 1
```

```
Lcd "#= ENTER DAN *=MULAI"
```

```
Wait 3
```

```
Input_parameter:
```

```
Cls
```

```
Set Led
```

```
Locate 1 , 1
```

```
Lcd "(A)r1=" ; R1_s ; "M"
```

```
Locate 2 , 1
```

```
Lcd "(B)r2=" ; R2_s ; "M"
```

```
Locate 3 , 1
```

```
Lcd "(C)M=" ; M_s
```

```
Locate 4 , 1
```

```
Lcd "(D)L=" ; L_s ; "M"
```

```
Do
```

```
Gosub Keypad
```

```
If S1 = "A" Then
```

```
Goto R1
```

```
Elseif S1 = "B" Then
```

```
Goto R2
```

```
Elseif S1 = "C" Then
```

```
Goto M
```

```

Elseif S1 = "D" Then
Goto L
Elseif S1 = "." And R1_flag = 1 And R2_flag = 1 And M_flag = 1 And L_flag = 1
Then
Exit Do
Else
End If
Loop
Cls
Set Ssr

Array = 0

Do
Do
Incr Array
Gosub Temp
Suhu(array) = Z4
Locate 1 , 1
Lcd "          "
Locate 1 , 1
Temp_s1 = Fusing(suhu(array) , "###.#")
Lcd "T1 = " ; Temp_s1 ; " " ; Chr(1) ; "C"

Do
Gosub Temp
Suhu(array + 1) = Z4
Temp_s2 = Fusing(suhu(array + 1) , "###.#")
Locate 2 , 1
Lcd "          "
Locate 2 , 1
Lcd "T2 = " ; Temp_s2 ; " " ; Chr(1) ; "C"

```

```

Incr I
Locate 3 , 1
Lcd "          "
Locate 3 , 1
Lcd "WAKTU : " ; I ; " DETIK"
Wait 1
Loop Until I = 30
I = 0

Gosub Temp
Suhu(array + 1) = Z4
Temp_s2 = Fusing(suhu(array + 1) , "###.#")
Locate 2 , 1
Lcd "T2 = " ; Temp_s2 ; " " ; Chr(1) ; "C"
Delta_temp = Suhu(array + 1) - Suhu(array)
Delta_temp_s = Fusing(delta_temp , "###.#")
Locate 4 , 1
Lcd "          "
Locate 4 , 1
Lcd "DT KE " ; Array ; " = " ; Delta_temp_s ; " " ; Chr(1) ; "C"

Loop Until Array = 10
Array = 0
Incr Sample
Print ""
Print "SAMPLE KE " ; Sample
Array = 1
For Array = 1 To 10
Temp_s = Fusing(suhu(array) , "###.#")
Print "SUHU KE " ; Array ; " = " ; Temp_s
Next Array

```

T1 = Suhu(1)  
T10 = Suhu(10)  
D = T1 + T10  
T0 = 27  
A = D / 2  
B = 10 \* T0  
C = A - B

Array = 1  
For Array = 1 To 9  
Suhu\_total = Suhu\_total + Suhu(array)  
Next Array  
Array = 0

Print "T1 - T9 = " ; Suhu\_total

E = C + Suhu\_total

E = E \* 0.001

'DELTA T KENAIKAN

Print "DT = " ; E

L1 = 6.28 \* L

A1 = M / L1

A2 = A1 \* 2.303

B1 = Suhu(10) + E

B2 = B1 - Suhu(1)

C = Suhu(1) + Suhu(10)

D = C / 2

E = 100 - D

F = B2 / E

$G = R1 / R2$   
 $G1 = \text{Log}_{10}(g)$

$K = A2 * F$   
 $K = K * G1$

Suhu\_total = 0  
Print "k = " ; K  
Cls  
Temp\_s = Fusing(k, "#.#")  
Lcd "k = " ; Temp\_s  
Wait 3

If Level = 1 Then  
Reset Ssr  
Reset Led  
Cls  
Lcd " AIR HABIS"  
Wait 2  
Exit Do  
Else  
Set Ssr  
Set Led  
End If  
Loop Until Sample = 20

R1\_flag = 0  
R2\_flag = 0  
M\_flag = 0  
L\_flag = 0  
Sample = 0

```

Do
Gosub Keypad
Loop Until Level = 0 And S1 = "."
Cls
Lcd " AIR SUDAH TERISI"
Wait 1
Gosub Reset_parameter
Sample = 0
Goto Input_parameter

Reset_parameter:
R1_s = ""
R2_s = ""
M_s = ""
L_s = ""
R1 = 0
R2 = 0
L = 0
M = 0
Return

R1:
Cls
Lcd "r1 = " ; R1
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; "  "

R1 = Val(s2)                                'NILAI r1 (JARI2 LUAR)
R1_s = Fusing(r1 , "#.###")

```

```
S2 = ""
R1_flag = 1
Goto Input_parameter
```

```
R2:
Cls
Lcd "r2 = " ; R2
Gosub Input_angka
Locate 1 , 6
Lcd S2 ; "      "

R2 = Val(s2)                                'NILAI r2 (JARI2 DALAM)
R2_s = Fusing(r2 , "#.###")
S2 = ""
R2_flag = 1
Goto Input_parameter
```

```
M:
Cls
Lcd "M = " ; M
Gosub Input_angka
Locate 1 , 5
Lcd S2 ; "      "

M = Val(s2)                                'NILAI M (KALORIMETER2_s =
Fusing(r2 , "#.###")
M_s = Fusing(m , "####.###")
S2 = ""
M_flag = 1
Goto Input_parameter
```

```
L:
```

```

Cls
Lcd "L = " ; L
Gosub Input_angka
Locate 1 , 5
Lcd S2 ; "   "

L = Val(s2)                                'NILAI L (PANJANG KARET)
L_s = Fusing(1 , "#.###")
S2 = ""
L_flag = 1
Goto Input_parameter

Temp:
Z1 = Getadc(1)
Z2 = Z1 * 2.56
Z3 = Z2 * 100
Z4 = Z3 / 1023
Temp_s = Fusing(z4 , "###.#")
Return

Input_angka:
Do
Gosub Keypad
If S1 = "#" Then
Exit Do
Else
S2 = S2 + S1
Lowerline
Lcd S2
End If
Loop
Return

```

Keypad:

```
Key_value = Getkbd()
```

```
If Key_value = 16 Then
```

```
  Goto Keypad
```

```
Else
```

```
  S1 = Lookupstr(key_value , Value)
```

```
End If
```

```
Return
```

Value:

```
Data "1" , "4" , "7" , "." , "2" , "5" , "8" , "0" , "3" , "6" , "9" , "#" , "A" , "B" , "C" , "D"
```

