

**SISTEM PENGUKURAN KONDUKTIVITAS PANAS PADA LOGAM
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

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

oleh

BENNY PERMANA

0706196481



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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Benny Permana

NPM : 0706716481

Tanda tangan :

Tanggal : 3 Desember 2009

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Benny Permana
NPM : 0706196481
Departemen : Fisika
Peminatan : Ekstensi Fisika Instrumentasi
Tanggal Sidang : 3 Desember 2009
Judul Skripsi :

SISTEM PENGUKURAN KONDUKTIVITAS PANAS PADA LOGAM
BERBASIS MIKROKONTROLER

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

(Dr. Prawito)

(Drs. Arief Sudarmaji, M.T.)

PENGUJI I

PENGUJI II

(Lingga Hermanto, M.Si)

(Djonaedi Saleh, M.Si)

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 Logam 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 Rasulullah.
3. Kedua Orang tuaku yang tercinta, Sri Widodo dan Wigati serta saudara-saudaraku tersayang Aji Nur Widyanto, Laksmi Susidharti, Arief Wijaya, Annissa Widyasari beserta keluarga tercinta yang telah memberi dukungan moril dan materil selama ini.
4. Almarhum Ibuku tercinta Sarmini, jasmu tidak akan pernah dapat aku balas.

5. “ Dia Yang Namanya Memenuhi Separuh Hidupku “, terima kasih untuk gambaran kehidupan yang sebenarnya.
6. Dr Prawito dan Drs. Arief Sudarmadji, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Dr. Syamsu Rosyid selaku Ketua Jurusan program studi Sarajana Ekstensi FMIPA, UI.
8. Sahabat-sahabatku seperjuangan, Alet, Desti, Rika, Tanti yang telah memberikan dorongan dan doanya.
9. Seluruh rekan-rekan Instrumentasi Industri dan Elektronika angkatan 2004 dan Ekstensi Instrumentasi.
10. Teman-teman kontrakan yang selalu memberikan kesabaran dan hiburan, Rifqi, Hamdan, Are, Ludy, Andi, Yogi, Gunawan, Haeril, Rachmat.
11. Teman-teman futsal Instrument’04 tempat berbagi cerita.
12. Seluruh staff sekretariat Mas Rizky, Mba Ratna, Mba Eri, dkk.
13. Seluruh keluarga besar FMIPA UI.
14. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

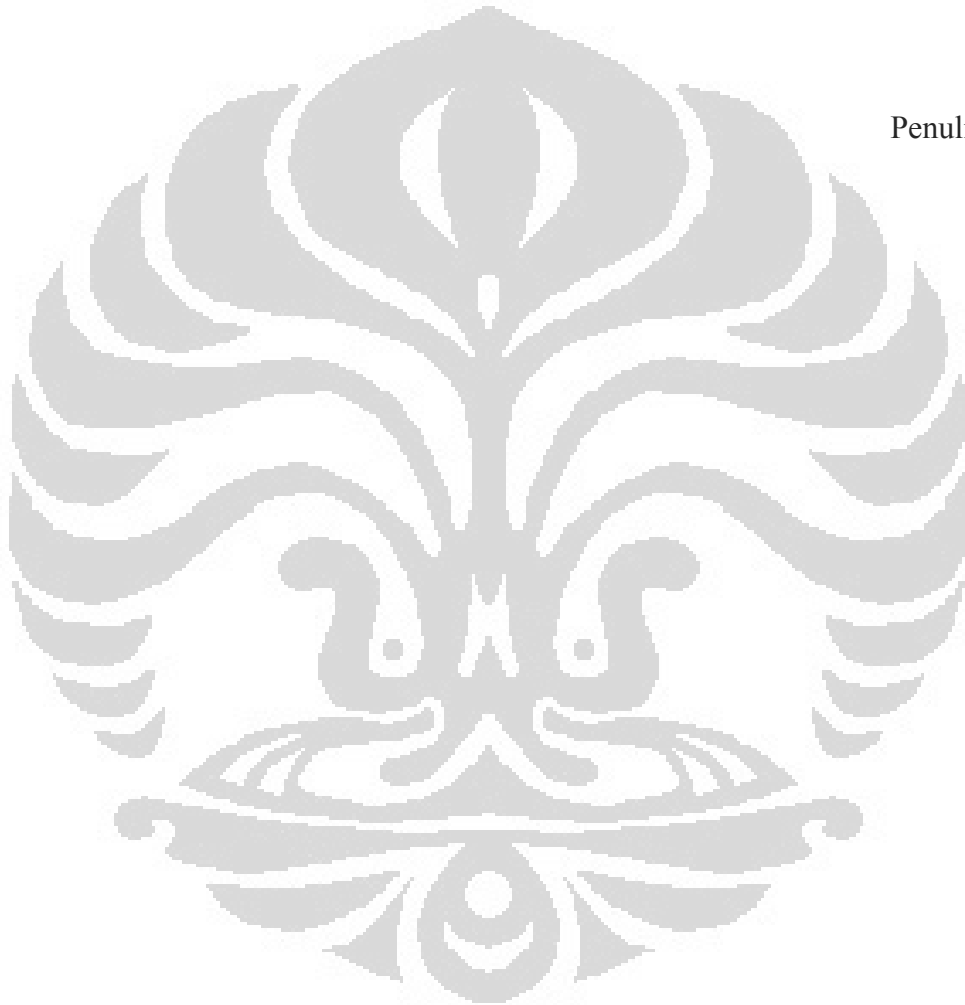
Semoga Allah SWT melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya atas kebaikan Bapak / Ibu dan Saudara/i sekalian. Semoga penulisan ilmiah ini benar-benar dapat memberikan kontribusi positif dan menimbulkan sikap kritis kepada para pembaca khususnya dan masyarakat pada umumnya untuk senantiasa terus memperoleh 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, Desember 2009

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan dibawah ini,

Nama : Benny Permana
NPM : 0706196481
Program studi : Ekstensi Instrumentasi
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*non-exclusive royalt-free right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Sistem Pengukuran Konduktivitas Panas Pada Logam Berbasis Mikrokontroller, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi 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 : 3 Desember 2009

Yang menyatakan

(Benny Permana)

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk membuat sebuah alat ukur konduktivitas panas secara otomatisasi menggunakan media logam sebagai literature pengukuran. Penelitian ini memanfaatkan sifat perambatan panas secara konduksi. Pengukuran yang dilakukan dilakukan oleh mikrokontroller sebagai monitoring dan pengolahan data. Mikrokontroller juga berfungsi untuk pengotomatisasian pengukuran. Penentuan nilai k (konduktivitas) didasari oleh perbedaan temperature pada batang logam yang dialiri panas dan perbedaan temperature aliran air pada ujung lainnya.

Kata kunci: Mikrokontroller, Konduktivitas, Konduksi.

ABSTRACT

Research has been done to create a measure of heat conductivity of automation using the metal as a media measurement literature. The study of propagation properties using heat conduction. Measurements taken by the microcontroller as a monitoring and data processing. Microcontroller also serve to pengotomatisasian measurements. Determining the value of k (conductivity) based on temperature differences on the metal rod that flows through the heat and temperature difference of water flow at the other end.

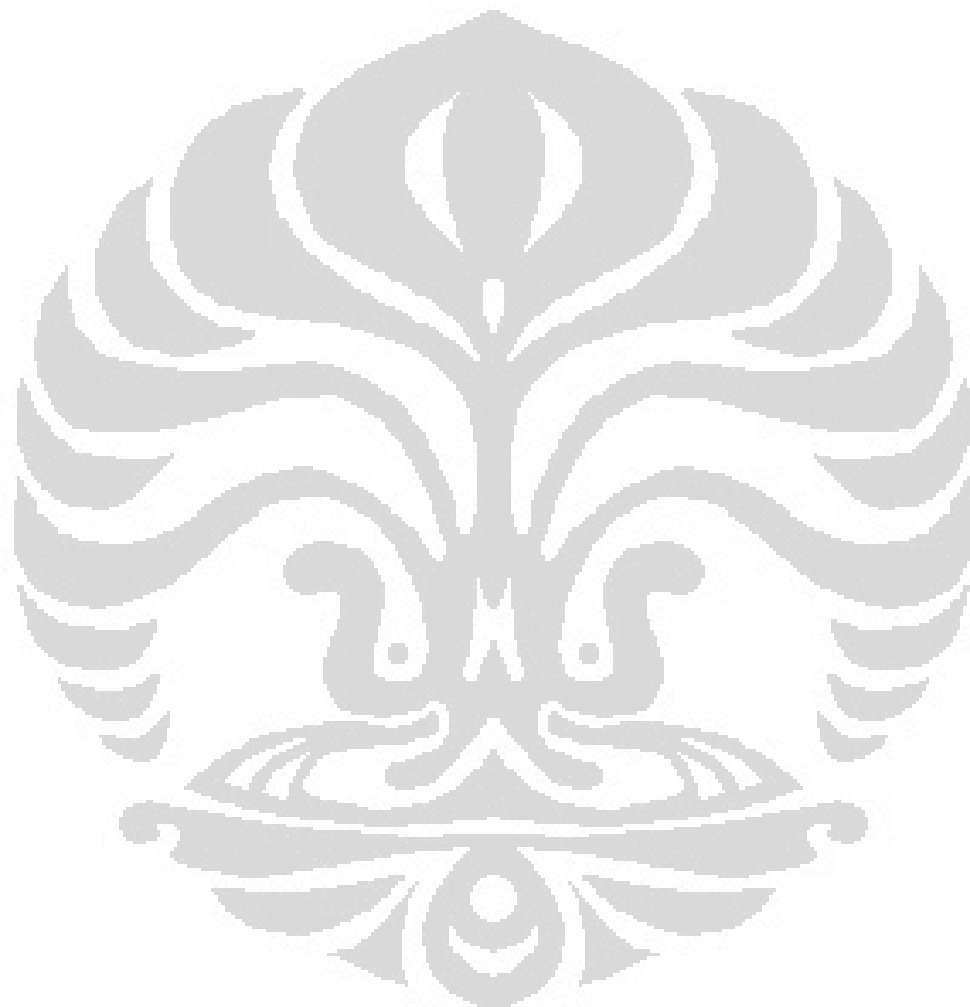
Keywords: microcontroller, conductivity, conduction.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Pernyataan Orisinalitas	i
Halaman Pengesahan	ii
Kata Pengantar	iii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah.....	vi
Abstrak	vii
Abstract	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Deskripsi Singkat	2
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
1.6 Metode Penulisan	4
BAB 2. TEORI DASAR	6
2.1 Sensor	6
2.1.1 Sensor Temperatur (LM35)	7
2.2 Dasar Perpindahan Kalor	9
2.2.1 Konduksi	9
2.2.1.1 Konduksi Pada Dinding Datar	10
2.2.2 Konveksi	13
2.2.3 Radiasi	13

2.3 LCD (Liquid Crystal Display)	14
2.3 Keypad	15
2.3 Heater	16
2.6 Mikrokontroler ATMEGA16	17
2.6.1 Port Sebagai Input/Output Digital	19
2.7 Komunikasi Serial	20
2.7.1 Via RS-232	21
2.7.1.1 Transmitter RS-232	22
2.7.1.2 Receiver RS-232	23
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	24
3.1 Gambaran Keseluruhan Sistem	24
3.2 Perancangan Mekanik	25
3.3 Perancangan Rangkaian	26
3.3.1 Cara Kerja Sensor LM35	27
3.3.2 ADC	28
3.3.3 Rangkaian Minimum System	29
3.3.4 Diagram Blok Rangkaian	31
3.4 Flowchart	32
3.3.4 Flowchart Fisis	32
3.3.4 Flowchart Program Mikrokontroler	33
BAB 4. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Pengujian Mekanik	38
4.2 Pengujian Keypad	38
4.3 Pengujian Sensor LM35	40
4.4 Pengujian Timbangan	43
4.5 Pengujian Konduktivitas	46

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
Daftar Acuan	52
Lampiran	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Konduktivitas beberapa zat	12
Tabel 2.2. Konfigurasi pin port	20
Tabel 4.1. Data keypad 4x4.....	39
Tabel 4.2. Data tampilan keypad pada Lcd	40
Tabel 4.3. Pengambilan Data LM35	41
Tabel 4.4. Pengambilan Data pada timbangan	44
Tabel 4.5. Percobaan 1 data konduktivitas panas Alumunium	47
Tabel 4.6. Percobaan 2 data konduktivitas panas Alumunium	48
Tabel 4.7. Percobaan 1 data konduktivitas panas Tembaga.....	49
Tabel 4.8. Percobaan 2 data konduktivitas panas Tembaga.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Perencanaan Desain Mekanik.....	2
Gambar 2.1. Bentuk Fisik LM 35.....	8
Gambar 2.2. Rangkain umum Pengukur Suhu	8
Gambar 2.3. Perpindahan panas konduksi dan akibat aktivitas molekul	10
Gambar 2.4. Konduksi menggunakan bidang datar	10
Gambar 2.5. LCD (Liquid Crystal Display).....	15
Gambar 2.6. Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin.....	18
Gambar 2.7. MAX-232 sebagai pemancar.....	22
Gambar 2.8. MAX-232 sebagai penerima.....	23
Gambar 3.1 Rancang Bangun Mekanik	25
Gambar 3.2. Blok diagram LM35	28
Gambar 3.3. Schematic rangkaian minimum system	30
Gambar 3.4. Blok Diagram Rangkaian	31
Gambar 3.5. Blok Diagram Secara Fisis	32
Gambar 3.6. Flowchart Pemrograman Inisialisasi.....	34
Gambar 3.7. Flowchart Pemrograman Input keypad.....	35
Gambar 3.8. Flowchart Pemrograman Indikator	35
Gambar 3.9. Flowchart Pemrograman Flag	36
Gambar 3.10. Flowchart Pemrograman Perhitungan dan Pengambilan data.....	37
Gambar 4.1. keypad matriks 4x4.....	39
Gambar 4.2. Grafik Suhu LM35 vs Suhu Termometer.....	42
Gambar 4.3. Grafik Suhu LM35 vs Tegangan	42
Gambar 4.4. Grafik ADC vs tegangan	45
Gambar 4.5. Grafik massa air vs tegangan.....	45

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini penulis akan membahas apa yang menjadi latar belakang dilakukannya sistem pengukuran ini. Selain itu metode penulisan, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika penulisan akan dibahas pula dalam bab ini.

1.1 Latar Belakang.

Panas atau yang disebut dengan thermal adalah suatu kondisi dimana molekul-molekul pada suatu benda saling bergerak dan menimbulkan energi yang mengakibatkan timbulnya panas. Kita juga mengetahui ada beberapa benda yang dapat menghantarkan panas (*konduktor*) dan ada yang tidak dapat menghantarkan panas (*isolator*).

Pengukuran panas dapat kita lakukan menggunakan beberapa alat ukur tertentu seperti thermometer dan thermokopel. Pada dasarnya pembuatan sistem pengukuran ini adalah aliran panas. Dimana panas akan mengalir dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Hukum ini sebenarnya merupakan perluasan dari Hukum Kekekalan Energi “Energi tidak dapat dimusnahkan atau diciptakan”

Seringkali panas merupakan hasil kerja suatu sistem, dimana panas yang berlebih dapat mengakibatkan kerusakan suatu sistem. Misalnya adalah pada CPU, dalam CPU kita memerlukan suatu benda yang dengan cepat mengalirkan panas keluar dari CPU. Karena panas yang berlebih dapat merusak komponen tertentu. Dalam hal ini biasanya digunakan Aluminium untuk mengalirkan panas, karena aluminium cepat mengalirkan panas.

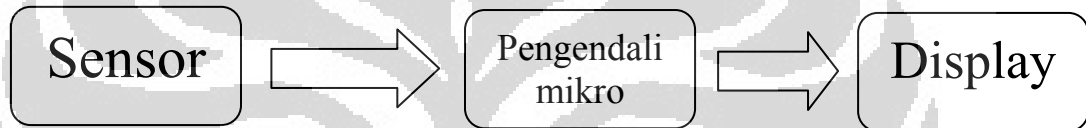
Oleh karena itu penulis ingin menerapkan pengukuran dan perhitungan otomatis pada sistem pengukuran tersebut, agar lebih mudah, cepat dan tepat dalam menentukan nilai konduktivitas suatu benda. Hal inilah yang mendorong penulis untuk dapat membuat sebuah sistem pengukuran yang lebih baik sehingga

pengukuran ini memiliki keakuratan dan dapat dipakai oleh semua lapisan masyarakat.

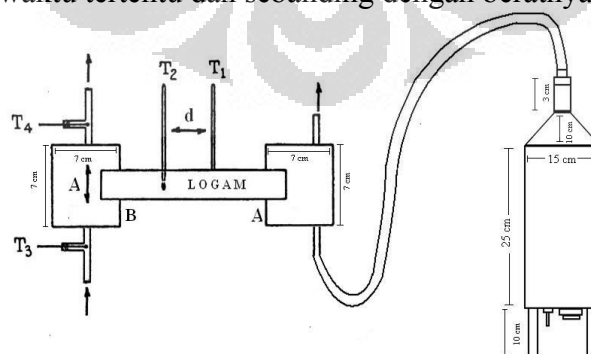
1.2 Tujuan Penelitian.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu sistem “Pengukuran Konduktivitas Panas Berbasis Mikrokontroler” secara otomatis, mengetahui nilai konduktivitas panas pada suatu logam, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana.

1.3 Deskripsi Singkat.



Untuk sistem pengukuran konduktivitas thermal ini kondisi uap panas pada kotak A akan memanaskan konduktor yang terhubung ke kotak B yang temperaturnya lebih rendah dibandingkan dengan kotak A. Panas yang ditimbulkan pada kotak A akan merambat dan diukur dengan termokopel dan sampai pada kotak B. Kotak B yang berisi aliran air akan melewati ujung konduktor yang menyebabkan suhu air menjadi lebih tinggi dari sebelumnya. Perbedaan suhu air pada saat masuk kotak B dan saat keluar menjadi variabel penting yang akan menentukan konduktivitas panas konduktor tersebut. Panas yang merambat pada konduktor mengalir pada waktu tertentu dan sebanding dengan beratnya air keluar.



Gambar 1.1 Perencanaan Desain Mekanik

Semua informasi yang didapat dari sensor mengenai berat, suhu dan waktu akan dikonversi kedalam bentuk digital menggunakan ADC 0804. Hal ini akan memudahkan pengolahan data pada mikrokontroller. Setelah semua selesai barulah data siap dimasukan kedalam rumus dan ditampilkan ke LCD.

1.4 Batasan Masalah.

Dalam pembuatan skripsi ini penulis membatasi masalah konduktivitas panas suatu logam, teori-teori yang mendukung dalam perhitungan konduktivitas dan pemrograman dengan mikrokontroller.

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 ini merupakan kerangka awal penelitian yang akan dilakukan

BAB 2. Teori Dasar

Teori dasar berisi landasan-landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancang mekanik dan elektronika. Teori dasar perancangan mekanik diantaranya adalah perambatan panas secara konduksi dan kesetimbangan termal. Sedangkan perancangan elektronik diantaranya adalah heater, SSR, dan mikrokontroller.

BAB 3. Perancangan Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan secara keseluruhan sistem kerja dari semua mekanik dan elektronika yang terlibat. Perancangan mekanik meliputi desain pemanas, pemasangan silinder logam. Sedangkan perancangan elektronika meliputi pembuatan minimum system mikrokontroler ATmega 16 dan power supply.

BAB 4. Pengujian Sistem dan Pengambilan Data

Bab ini berisi tentang unjuk kerja alat sebagai hasil dari perancangan sistem. Pengujian akhir dilakukan dengan menyatukan seluruh bagian-bagian kecil dari sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi sesuai dengan tujuan awal. Pengambilan data akan dilakukan tiga tahap, yaitu data sensor, data mekanik dan data keseluruhan.

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 Penelitian.

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 pengendalian *hardware* baru 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

Pada bab ini penulis akan menjelaskan mengenai teori-teori yang digunakan dalam sistem pengukuran yang dilakukan. Baik teori dasar pada proses fisika dan monitoring menggunakan mikrokontroler.

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 ini harus memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas yakni :

a. Linieritas

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

b. Tidak tergantung temperature

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

c. Kepekaan

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

d. Waktu tanggapan

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

e. Batas frekuensi terendah dan tertinggi

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

f. Stabilitas waktu

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

g. Histerisis

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

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

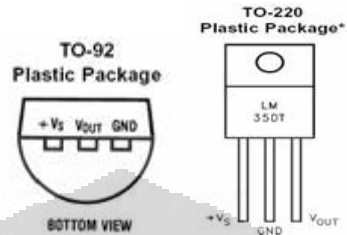
2.1.1 Sensor Temperatur (LM35)

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 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.

LM35 tidak membutuhkan kalibrasi eksternal yang menyediakan akurasi $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ pada temperatur ruangan dan $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$ pada kisaran -55 to $+150^{\circ}\text{C}$. Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan kesensor 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 $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C .

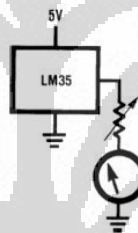
LM35 dimaksudkan untuk beroperasi pada -55° hingga $+150^{\circ}\text{C}$, sedangkan LM35C pada -40°C hingga $+110^{\circ}\text{C}$, dan LM35D pada kisran 0-

100°C. LM35D juga tersedia pada paket 8 kaki dan paket TO-220. Sensor LM35 umunya akan naik sebesar 10mV setiap kenaikan 1°C (300mV pada 30 °C).



Gambar 2.1 Bentuk Fisik LM 35

Untuk menggunakan LM35, Anda cukup menyadap keluaran dari pin Vout untuk dapat dihubungkan langsung ke ADC (misal ADC 0804 8 bit) seperti gambar berikut.



Gambar 2.2 Rangkaian umum pengukur suhu

Dibawah ini adalah karakteristik dari LM35 :

1. Dapat dikalibrasi langsung ke dalam besaran Celcius.
2. Faktor skala linier + 10mV/ °C.
3. Tingkat akurasi 0,5°C. saat suhu kamar (25°C).
4. Jangkauan suhu antara -55°C sampai 150°C.
5. Bekerja pada tegangan 4 volt hingga 30 volt.
6. Arus kerja kurang dari 60µA.
7. Impedansi keluaran rendah 0,1Ω untuk beban 1 mA.

2.2 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor dari suatu zat ke zat lain seringkali terjadi dalam industri proses. Pada kebanyakan pengerjaan, diperlukan pemasukan atau pengeluaran kalor, untuk mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung. Kondisi pertama yaitu mencapai keadaan yang dibutuhkan untuk pengerjaan, terjadi umpamanya bila pengerjaan harus berlangsung pada suhu tertentu dan suhu ini harus dicapai dengan jalan pemasukan atau pengeluaran kalor.

Kondisi kedua yaitu mempertahankan keadaan yang dibutuhkan untuk operasi proses, terdapat pada pengerjaan eksoterm dan endoterm. Disamping perubahan secara kimia, keadaan ini dapat juga merupakan pengerjaan secara alami. Dengan demikian. Pada pengembunan dan penghabluran (kristalisasi) kalor harus dikeluarkan. Pada penguapan dan ada umumnya juga pada pelarutan, kalor harus dimasukkan. Adalah hukum alam bahwa kalor itu suatu bentuk energi.

Sama seperti bentuk lain dari energi, jumlah kalor juga dinyatakan dalam suatu gaya kali suatu jarak yaitu Newton kali meter atau Nm. 1 Nm dinamakan 1 Joule. Untuk memberikan sedikit gambaran mengenai besarnya energi 1 Joule tersebut, bisa diperhatikan dari hal berikut: Untuk penguapan 1 kg air, diperlukan cukup banyak energi yaitu perubahan zat cair ke dalam uap ini kira-kira membutuhkan energi 2.225.000 Joule = 2,25 MJ. Bila sesuatu benda ingin dipanaskan, maka harus dimiliki sesuatu benda lain yang lebih panas, demikian pula halnya jika ingin mendinginkan sesuatu, diperlukan benda lain yang lebih dingin.

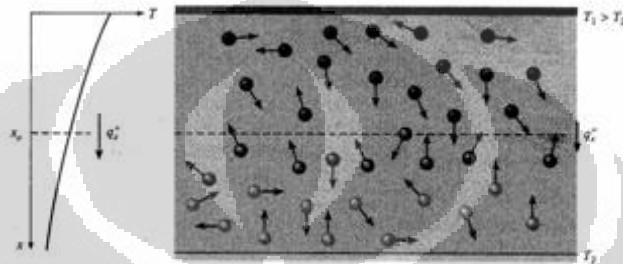
Bila dua benda atau lebih terjadi kontak termal maka akan terjadi aliran kalor dari benda yang bertemperatur lebih tinggi ke benda yang bertemperatur lebih rendah, hingga tercapainya kesetimbangan termal. Proses perpindahan panas ini berlangsung dalam 3 mekanisme, yaitu :

2.2.1 Konduksi

Yang dimaksud dengan konduksi ialah pengangkutan kalor melalui satu jenis zat. Sehingga perpindahan kalor secara hantaran/konduksi merupakan satu proses pendalaman karena proses perpindahan kalor ini hanya

terjadi di dalam bahan. Arah aliran energi kalor, adalah dari titik bersuhu tinggi ke titik bersuhu rendah.

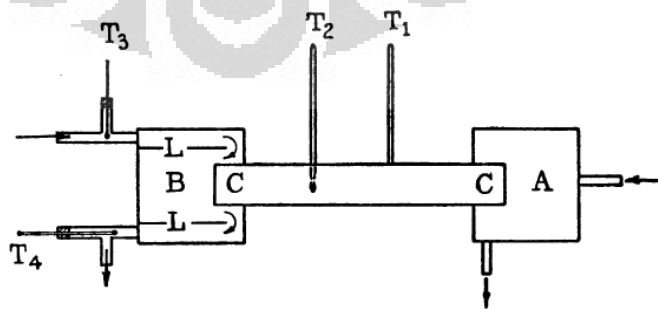
Proses perpindahan kalor secara konduksi bila dilihat secara atomik merupakan pertukaran energi kinetik antar molekul (atom), dimana partikel yang energinya rendah dapat meningkat dengan menumbuk partikel dengan energi yang lebih tinggi.



Gambar 2.3 Perpindahan panas konduksi dan akibat aktivitas molekul

Sebelum dipanaskan atom dan elektron dari logam bergetar pada posisi setimbang. Pada ujung logam mulai dipanaskan, pada bagian ini atom dan elektron bergetar dengan amplitudi yang makin membesar. Selanjutnya bertumbukan dengan atom dan elektron disekitarnya dan memindahkan sebagian energinya. Kejadian ini berlanjut hingga pada atom dan elektron di ujung logam yang satunya. Konduksi terjadi melalui getaran dan gerakan elektron bebas. Berdasarkan penampang dan cara perambatan bendanya ada beberapa kasus untuk perpindahan panas secara konduksi, diantaranya :

- **Penampang Bidang Datar**



Gambar 2.4 Konduksi menggunakan bidang datar

Benda / kotak A yang terletak di sebelah kanan memiliki suhu yang lebih tinggi dan T_1 dan T_2 adalah suhu yang terukur pada perpindahan panas pada batang logam. Sedangkan benda / kotak B yang terletak di sebelah kiri memiliki suhu yang lebih rendah dan T_4 dan T_3 adalah suhu air masuk dan suhu air keluar. Karena adanya perbedaan suhu pada kotak A dan kotak B maka kalor mengalir dari benda yang bersuhu tinggi menuju benda yang bersuhu rendah (arah aliran kalor ke kiri menuju benda B). Benda yang dilewati kalor memiliki luas penampang (A) dan panjang (l).

Berdasarkan hasil percobaan, jumlah kalor yang mengalir selama selang waktu tertentu (Q/t) berbanding lurus dengan perbedaan suhu ($T_1 - T_2 / T_4 - T_3$), luas penampang (A), sifat suatu benda (k = konduktivitas termal) dan berbanding terbalik dengan panjang benda (jarak T_1 dan T_2). Secara matematis bisa ditulis sebagai berikut :

$$k (T_1 - T_2) \frac{A}{d} = \frac{m c (T_4 - T_3)}{t} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan nilai (Q/t) :

$$\frac{Q}{t} = m c (T_4 - T_3) \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Q = Kalor (J)

t = Waktu (s)

Q/t = Laju aliran kalor (kkal/s) atau Joule/sekon (J/s). 1 J/s = 1 watt

A = Luas penampang benda (m^2)

$T_1 - T_2$ = Perbedaan suhu pada batang logam ($^{\circ}C$)

$T_4 - T_3$ = Perbedaan suhu pada air ($^{\circ}C$)

d = jarak sensor (T_1 dan T_2)

$T_1 - T_2 / d$ = Gradien suhu ($^{\circ}C/m$)

k = Konduktivitas termal benda ($J/s m^{\circ}C$)

Konduktivitas panas ialah tingkat kemudahan untuk mengalirkan panas yang dimiliki suatu benda. Setiap benda memiliki konduktivitas yang berbeda. Logam mempunyai konduktivitas panas yang tinggi, sedangkan hewan memiliki konduktivitas panas yang rendah. Berarti hewan merupakan penahan panas (insulator) yang baik. Rambut dan bulu merupakan contoh insulator yang baik. Oleh karena itu, mamalia dan aves hanya akan melepaskan sejumlah kecil panas dari tubuhnya ke benda lain yang bersentuhan dengannya. Dengan menggunakan persamaan 2.1 kita dapat mendapatkan nilai konduktivitas (k) suatu benda, sebagai berikut :

$$k = \frac{m c (T_4 - T_3) d}{t (T_1 - T_2) A} \dots\dots\dots(2.3)$$

Konduktivitas termal untuk beberapa bahan :

Tabel 2.1 Konduktivitas beberapa zat

Zat	Konduktivitas Termal, k	
	kkal/s.m.°C	J/s.m°C
Perak	10×10^{-2}	420
Tembaga	$9,2 \times 10^{-2}$	380
Aluminium	$5,0 \times 10^{-2}$	200
Baja	$1,1 \times 10^{-2}$	40
Es	5×10^{-4}	2
Gelas (biasa)	$2,0 \times 10^{-4}$	0,84
Batu bata dan beton	$2,0 \times 10^{-4}$	0,84
Air	$1,4 \times 10^{-4}$	0,56
Jaringan tubuh manusia (tidak termasuk darah)	$0,5 \times 10^{-4}$	0,2
Kayu	$0,2 - 0,4 \times 10^{-4}$	0,08-0,16
Isolator fiberglass	$0,12 \times 10^{-4}$	0,048
Gabus dan serat kaca	$0,1 \times 10^{-4}$	0,042
Bulu angsa	$0,06 \times 10^{-4}$	0,025
Busa polyurethane	$0,06 \times 10^{-4}$	0,024
Udara	$0,055 \times 10^{-4}$	0,023

2.2.2 Konveksi

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.

Besarnya konveksi tergantung pada :

- a. Luas permukaan benda yang bersinggungan dengan fluida (A).
- b. Perbedaan suhu antara permukaan benda dengan fluida (ΔT).
- c. 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

$$H = h \times A \times \Delta T \dots\dots\dots(2.4)$$

2.2.3 Radiasi

Yang dimaksud dengan pancaran (radiasi) ialah perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. 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.

Selanjutnya juga penting untuk diketahui bahwa :

1. Kalor radiasi merambat lurus.
2. Untuk perambatan itu tidak diperlukan medium (misalnya zat cair atau gas)

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

$$E = e\sigma T^4 \dots\dots\dots(2.5)$$

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

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

2.3 LCD (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal diterjemahkan sebagai kristal cair. Kristal dibagi atas dua bentuk padat dan cair. Padat dan cair merupakan dua sifat benda yang berbeda. Molekul-molekul benda padat tersebar secara teratur dan posisinya tidak berubah-ubah, sedangkan molekul-molekul zat cair letak dan posisinya tidak teratur karena dapat bergerak acak ke segala arah.. Fase ini atau fase kristal memiliki sifat-sifat padat dan cair secara bersama-sama. Molekul-molekulnya memiliki arah yang sama seperti sifat padat, tetapi molekul-molekul itu dapat bergerak bebas seperti pada cairan. Fase kristal cair ini berada lebih dekat dengan fase cair karena dengan sedikit penambahan temperatur (pemanasan) fasenya langsung berubah menjadi cair. Sifat ini menunjukkan sensitivitas yang tinggi terhadap temperatur. Sifat inilah yang menjadi dasar utama pemanfaatan Kristal cair dalam teknologi.

Jenis kristal cair yang digunakan dalam pengembangan teknologi LCD adalah tipe *nematic* (molekulnya memiliki pola tertentu dengan arah tertentu). Tipe yang paling sederhana adalah *twisted nematic* (TN) yang memiliki struktur molekul yang terpilin secara alamiah . Struktur TN terpilin secara alamiah sebesar 90° Struktur TN ini dapat dilepas pilinannya (*untwist*) dengan menggunakan arus listrik. Lcd telah banyak berkembang dan banyak digunakan dalam tekhnologi.

Lcd merupakan sebuah display yang berperan sebagai informasi data keluaran dari mikro. Lcd mempunyai 8 data line, tetapi dapat dikendalikan dengan “mode ekonomis”, yaitu dengan menggunakan 4 line teratas dari dataline. Hal ini dapat menghemat 4 pin I.O microcontroller. Data mode adalah keadaan awal pin. Ini maksudnya masing-masing pin dapat dipilih untuk pin lcd. Pilihan ini memberikan kemudahan pada pilihan konfigurasi i/o pada mikrokontroller.

Melalui pin lcd ini dapat memberikan tampilan data yang telah ditulis dalam program bascom. Dalam pemakaian lcd hal yang sangat perlu adalah menset config lcd pada pin yang diinginkan. Penggunaan lcd lebih menyederhanakan tampilan karena tampilan yang dikeluarkan tidak perlu lagi dalam bentuk bit, dibandingkan dengan seven segmen. Rangkaian lcd pada mikrocontroller hanya menyambung port pada port mikrocontroller. Kelebihan pemakaian lcd selain lebih mudah, tampilan yang dihasilkanpun lebih baik. Perhatikan gambar 2...



Gambar 2.5 LCD (Liquid Crystal Display)

2.4 Keypad

Saat pembuatan suatu alat agar mudah dalam pemerintahan kita memerlukan setidaknya suatu komponen yang memberikan data keluaran yang dapat diterima mikrokontroller sebagai input. Seperti push button, limit switch, sensor, keypad, dan lain-lain. Dalam hal ini penulis menggunakan keypad guna memberikan data perintah untuk mikrokontroller sebagai penentuan langkah-langkah yang diinginkan.

Keypad memiliki berbagai jenis type, ada single key, matrix 3 X 4, 4 X 4, dan sebagainya. Keypad 4 X 4 adalah 4 baris dan 4 kolom. Dari jenis-jenis keypad yang ada memiliki karakteristik tersendiri. Karakter keypad menentukan data-data yang dikeluarkan, dari masing-masing keypad memiliki nilai keluaran data yang berbeda. Data-data yang dihasilkan akan mempengaruhi bekerja atau tidaknya sebuah keypad. Karena bekerja atau tidaknya keypad akan mempengaruhi berjalannya suatu program. Jika data keypad yang dihasilkan tidak sesuai dengan program maka program tidak dapat bekerja. Keypad memiliki 8 pin, dari kedelapan pin ini memiliki data antar tombol. Pada pembahasan data pengamatan akan penulis tampilkan bilangan binner yang terjadi pada tombol keypad yang penulis gunakan.

Keypad merupakan pengabungan tombol-tombol push button yang dirangkai menjadi sebuah aklar yang mampu memberikan nilai output. Keypad dalam kinerjanya seperti saklar yang memiliki hubungan nilai hambatan, ketika salah satu tombol keypad tertekan maka akan ada dua hambatan yang akan terhubung. Dalam pencarian data kita perlu menghubungkan bit-bit yang ada pada keypad, saat ada satu tombol keypad yang ditekan maka akan ada dua hambatan yang terhubung. Saat dua hambatan yang terhubung maka keypad menghasilkan nilai output yang dapat diterima mikrokontroller. Saat data diterima mikrokontroller maka program akan bekerja sesuai dengan yang diperintahkan.

2.5 Heater

Heater adalah salah satu jenis dari elektronik yang memiliki fungsi sebagai pemanas. Heater memiliki berbagai macam jenis, diantaranya adalah heater untuk air, heater untuk udara, dan lain-lainnya. Disini penulis memakai heater yang dipakai untuk memanaskan air. Heater disini penulis menggunakan sebagai pemanas air yang akan didistribusikan kedalam sistem.

2.6 Mikrokontroler ATMEGA16

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur *RISC (Reduced Instruction Set Computer)*. Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATmega16. ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses. Mikrokontroler jenis Beberapa keistimewaan dari AVR ATmega16 antara lain :

1. Advanced RISC Architecture

- *130 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution*
- *32 x 8 General Purpose Fully Static Operation*
- *Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz*
- *On-chip 2-cycle Multiplier*

2. Nonvolatile Program and Data Memories

- *8K Bytes of In-System Self-Programmable Flash*
- *Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits*
- *512 Bytes EEPROM*
- *512 Bytes Internal SRAM*
- *Programming Lock for Software Security*

3. Peripheral Features

- *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Mode*

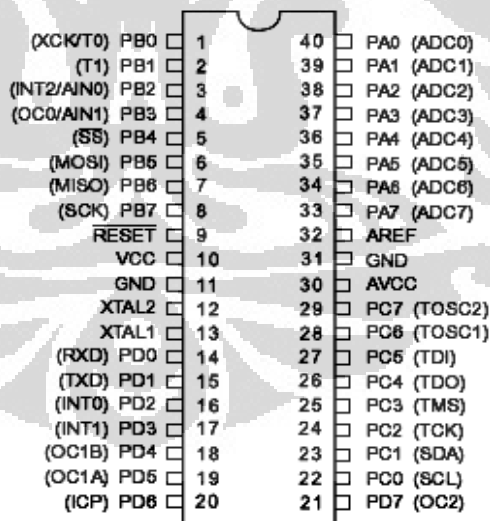
- *Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes*
- *Real Time Counter with Separate Oscillator*
- *Four PWM Channels*
- *8-channel, 10-bit ADC*
- *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*
- *Programmable Serial USART*

4. Special Microcontroller Features

- *Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection*
- *Internal Calibrated RC Oscillator*
- *External and Internal Interrupt Sources*
- *Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Powerdown, Standby and Extended Standby*

5. I/O and Package

- *32 Programmable I/O Lines*
- *40-pin PDIP, 44-lead TQFP, 44-lead PLCC, and 44-pad MLF*



Gambar 2.6 Pin-pin ATmega16 kemasan 40-pin

Pin-pin pada ATmega16 dengan kemasan 40-pin DIP (*dual inline package*) ditunjukkan oleh gambar 1. Guna memaksimalkan performa, AVR

menggunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data).

2.6.1 Port sebagai input/output digital

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 DDx_n , $PORTx_n$, dan $PINx_n$. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit DDx_n terdapat pada I/O address DDR_x , bit $PORTx_n$ terdapat pada I/O address $PORT_x$, dan bit $PINx_n$ terdapat pada I/O address PIN_x .

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

Biasanya, kondisi *pull-up enabled* dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dengan sebuah *pull-up*. Jika ini bukan suatu masalah, maka bit PUD pada register SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua *pull-up* dalam semua port. Peralihan dari kondisi *input dengan pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus

menggunakan kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) atau kondisi output high (DDxn=1, PORTxn=0) sebagai kondisi transisi.

Tabel 2.2 Konfigurasi pin port

DDxn	PORTxn	PUD (In SFIOR)	I/O	Pull-up	Comment
0	0	X	Input	No	Tri-state (HI-Z)
0	1	0	Input	Yes	Pxn will source current if ext. pulled low.
0	1	1	Input	No	Tri-state (HI-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

2.7 Komunikasi Serial

Komunikasi serial merupakan salah satu cara untuk mengkomunikasikan data dari suatu peralatan ke peralatan lain dengan cara menggunakan data secara serial. Komunikasi serial terdiri dari dua jenis, yang pertama adalah komunikasi *synchronous* dan yang kedua adalah *asynchronous*. Komunikasi serial *asynchronous* mempunyai ciri khas yang terletak pada adanya start bit dan stop bit. Berbeda dengan komunikasi *synchronous* yang menggunakan *clock osilator* sebagai parameter pembeda data bit yang dikirim. Pada komunikasi serial *asynchronous*, sinyal data dikirim dengan menambahkan bit awal dan bit akhir pada data sebagai penanda, jadi antara data yang satu dengan yang lainnya mempunyai tanda pemisah sehingga alat tidak salah dalam menerjemahkan data. Sistem yang dirancang oleh penulis menggunakan jenis komunikasi *asynchronous*. Komunikasi data serial dapat dilakukan dengan mempresentasikan data dalam bentuk level “1” atau “0”.

Ada beberapa kelebihan menggunakan komunikasi serial sehingga cukup sering digunakan, yaitu :

1. Kabel yang digunakan untuk komunikasi dapat lebih panjang. Port serial mengirimkan level "1" (mark) sebagai -3 s/d -25 volt dan level "0" (space) sebagai $+3$ s/d $+25$ volt, sedangkan port paralel mengirimkan level "0" sebagai 0 volt dan level "1" sebagai 5 volt. Karena itu port serial memiliki swing maksimum 50 volt, sedangkan port paralel memiliki swing maksimum 5 volt. Hal ini menyebabkan kehilangan tegangan yang disebabkan oleh panjang kabel memiliki pengaruh yang lebih kecil pada komunikasi serial.
2. Kabel yang digunakan lebih sedikit. Komunikasi serial memiliki *null modem* sehingga hanya memerlukan 3 kabel, sedangkan pada komunikasi paralel memerlukan minimal 8 buah kabel data.
3. Pada peralatan yang menggunakan sinar infra merah sebagai media komunikasi penggunaan komunikasi data paralel tidaklah mungkin, karena sangat sulit membedakan sinar yang datang dari 8 bit.
4. Komunikasi serial mengurangi jumlah pin yang dibutuhkan pada mikrokontroler. Pada komunikasi serial hanya menggunakan dua buah pin, yaitu *Transmit Data (TxD)* dan *Receive Data (RxD)*.

Peralatan yang menggunakan komunikasi serial dapat berupa DCE (*Data Communication Equipment*) atau DTE (*Data Terminal Equipment*). DCE seperti *modem, plotter, printer, dll.* Sedangkan DTE seperti PC dan terminal.

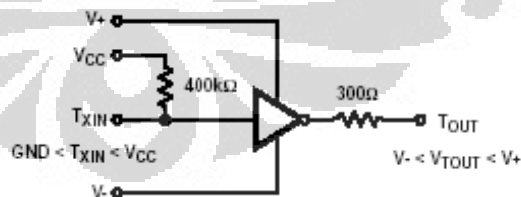
2.7.1 Via RS-232

Jika peralatan yang digunakan menggunakan TTL, sinyal serial *port* harus dikonversikan dahulu ke pulsa TTL sebelum digunakan. Sebaliknya, sinyal dari peralatan harus diubah ke logika RS-232 sebelum dimasukan ke serial *port*. Konverter yang paling mudah digunakan adalah MAX-232. Di dalam IC ini terdapat *Charge Pump* yang akan membangkitkan +10 Volt dari sumber dan +5 Volt tunggal yang dikemas dalam IC DIO (*Dual In Line*

Package) 26 pin (8 pinx 2 baris) ini terdapat dua buah *transmitter* dan dua buah *receiver*.

2.7.1.1 Transmitter RS-232

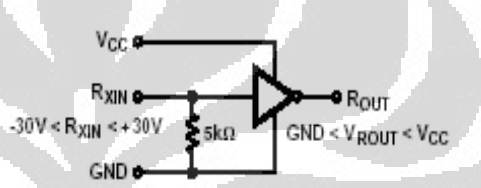
Pemancar adalah TTL/CMOS *inverter* yang cocok, inverter akan merubah input ke output RS-232. masukan logika melintas kurang lebih 26% dari V_{cc} atau 1,3V, untuk $V_{cc} = 5V$. logika 1 pada hasil masukan dalam tegangan adalah diantara $-5V$ dan $V-$ dikeluarkannya. Dan logika 0 menghasilkan tegangan antara $+5V$ dan $(V+ -0,6V)$. setiap pemancar mempunyai masukan internal $400\text{ K}\Omega$ dari resistor, jadi semua input yang tidak digunakan dapat ditidak aktifkan sehingga sisa keluaran atau output adalah *low state*. Tegangan keluaran memutar dan menemui RS-232C dengan spesifikasi dari $\pm 5V$ minimum, dalam kondisi yang paling buruk menyebabkan impedansi beban minimum menjadi $3\text{ K}\Omega$, $V_{cc} = 4,5\text{ V}$, selanjutnya maksimum operasi yang diperkenankan adalah temperatur. Pemancar mempunyai batas internal keluaran (output) dengan slow rate (SR) kurang dari $30V/\mu s$. outputnya adalah sirkuit pendek yang terproteksi dan dapat dihubungkan ke ground untuk jangka waktu tidak terbatas. Tegangan keluaran impedansi yang turun lebih rendah sekitar 300Ω dengan $\pm 2V$ terpakai ke output sehingga $V_{cc} = 0V$



Gambar 2.7 MAX-232 sebagai pemancar

2.7.1.2 Receiver RS-232

Masukan penerima mampu menerima tegangan sebesar $\pm 30V$, saat membutuhkan impedansi input dari $3\text{ K}\Omega$ sampai $7\text{ K}\Omega$ walaupun tegangannya mati ($V_{CC} = 0V$). Penerima mempunyai masukan khas melewati dari $1,3V$ dengan batas $\pm 3V$ yang dikenal sebagai daerah transisi keluaran (*output*) penerima adalah $0V$ pada V_{CC} . Keluaran ini akan rendah bilamana masukan lebih besar dari $2,4\text{ V}$ dan tinggi bilamana masukan mengambang atau berjalan diantara $+0,8V$ dan $-30V$.



Gambar 2.8 MAX-232 sebagai *Receiver*

BAB 3

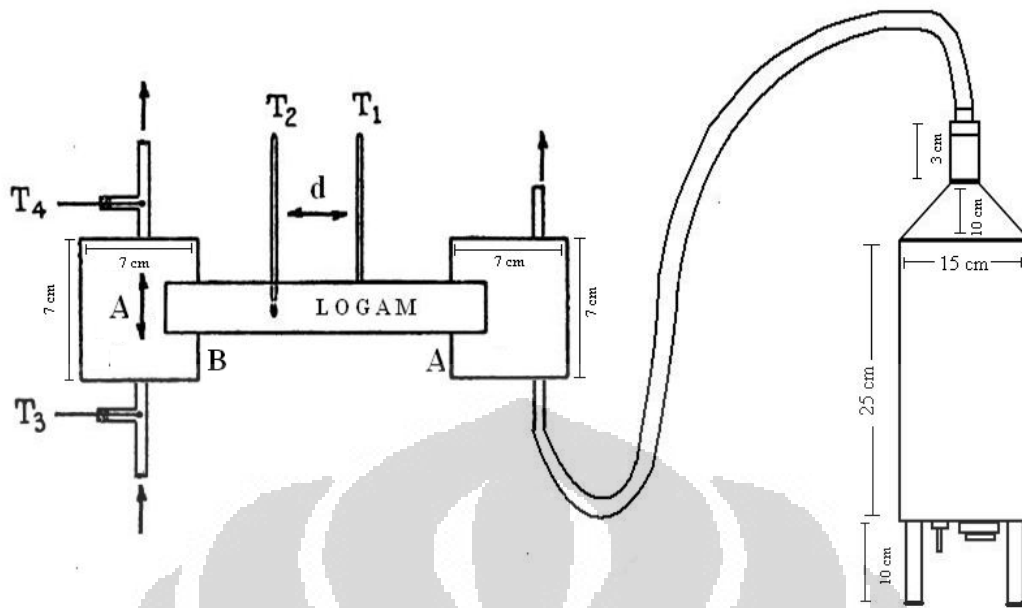
PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini penulis ingin membahas secara menyeluruh apa yang tercakup dalam pembuatan mekanik, cara kerja alat dan system 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 Keseluruhan Sistem

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 system dapat bekerja, bascom hanyalah *software* yang kemudian tersimpan di Atmega16. Dalam perancangan system ini memakai berbagai macam elektronik dalam menjalankan proses system ini.

Penghantar panas dapat dibagi menjadi dua kelompok menurut cepat rambatnya, yaitu konduktor dan isolator. Pada alat ini yang digunakan adalah perambatan panas menggunakan media konduktor (khususnya logam). Ada sebuah pejal panjang terbuat dari logam yang masing-masing ujungnya diberi temperatur yang berbeda. Sesuai dengan sifatnya yang mengalir panas akan merambat ke temperatur yang lebih rendah. Tanda (-) menunjukkan bahwa panas mengalir dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu lebih rendah. K adalah konduktivitas termal bahan uji [kal.cm/det.oC] yang dapat dianggap konstan dalam selang suhu yang tak terlalu besar. Sehingga dalam waktu tertentu temperatur pada ujung-ujung pejal akan setimbang.



Gambar 3.1 Rancang Bangun Mekanik

3.2 Perancangan Mekanik

Konstruksi mekanik pada pemanas air dibuat dengan pipa besi dengan diameter 15 cm dan tinggi total 25 cm. Pipa besi tersebut kemudian di bagi menjadi 2 bagian, untuk tutup dan alas. Kotak A dan B memiliki tebal 3 cm, panjang dan lebar 7 cm. Jarak sensor (d) sebesar 5 cm, dimaksudkan untuk mengetahui laju kalor per detik. Seluruh wadah pemanas air harus kedap udara guna menghasilkan tekanan yang cukup untuk mendorong uap air. Uap akan mencari celah untuk keluar dari wadah pemanas, dan akan menekan ke segala arah pada dinding bawah wadah. Karena konstruksi dibuat kedap udara dan bagian atas diruncingkan, maka uap akan mengalir kebagian yang meruncing. Bagian atas wadah pemanas air dibuat mengkerucut agar uap air dapat focus mengalir ke bagian yang runcing dan memberikan tekanan yang cukup untuk mengalir keluar sampai pada bagian selanjutnya.

Pada bagian selanjutnya uap panas yang mengalir akan masuk ke dalam box melalui selang silicon dengan diameter dalam 0.6 cm. Uap panas tersebut akan memanaskan sisi pejal yang bagian ujungnya saja yang mengenai langsung uap panas. Pejal tersebut terbuat dari logam (aluminium, kuningan, tembaga), sesuai dengan sifat logam yang menghantar panas dengan baik, panas akan mengalir ke

seluruh bagian logam. Selama proses perambatan panas, panas akan di pengaruhi oleh suhu lingkungan dan akan mengganggu proses perambatan panas yang sempurna. Oleh karena itu bagian pejal yang berinteraksi langsung dengan lingkungan diberi selimut yang dapat menahan pengaruh lingkungan dan menghambat panas pada pejal menjaral keluar. Untuk selimut digunakan bahan isolator yang buruk menghantarkan panas dan harus tahan pada suhu tertentu. Untuk kasus ini digunakan karet dari bahan yang mengandung silicon yang dapat tahan pada suhu sampai 80° C dengan tebal 3 mm.

Selama perambatan panas berlangsung temperatur pada bagian pejal yang di selimuti karet diukur dengan dua buah sensor. Karena panas mengalir maka pembacaan temperature kedua sensor tersebut akan berbeda dan peletakan sensor diukur terlebih dahulu. Perambatan panas akan mengalir ke seluruh permukaan pejal dalam waktu tertentu dan akan sampai pada sisi berlawanan pada awal permbatan panas. Bagian sisi yang berlwanan tersisolasi panas dengan memasukan ujungnya kedalam bahan teflon. Kemudian ujung yang berlawanan tersebut dimasukan kedalam kotak dari bahan pee.

Konstruksi pee tersebut dibat kotak dengan empat lubang, lubang pertama digunakan untuk masuknya aliran air dan akan menyentuh bagian ujung pejal yang telah dirambati oleh panas. Lubang kedua adalah untuk keluaran aliran air tersebut, karena air telah menyentuh ujung pejal diharapkan ada perbedaan temperature pada kedua aliran air yang masuk dan yang keluar. Debet air di setel dengan kecepatan tertentu agar perbedaan temperature pada ke dua aliran dapat terlihat. Kemudian dua lubang tersisa adalah untuk sensor yang diletakan pada aliran air yang masuk dan pada aliran air yang keluar. Aliran air yang keluar kemudian akan ditimbang menggunakan timbangan digital dengan resolusi timbangan 1 gram.

3.3 Perancangan Rangkaian

Pada konstruksi ini adalah pembuatan rangkaian untuk mensinkronisa-sikan 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.

3.3.1 Cara Kerja 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 (*temperature*) 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 V_{in} (+) dihubungkan kekeluaran dari V_{out} 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 10mV setiap kenaikan 1°C, respon tersebut masih berupa analog sehingga perlu diconverter 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 V_{cc} (V_{ref}) dan GND dihubungkan dengan ground. ADC biasanya memiliki V_{ref} sebesar $\frac{1}{2}V_{in}$, artinya ADC memiliki V_{ref} 2.56V. dengan mengetahui V_{ref} maka kita dapat

mengetahui respon yang diterima oleh ADC untuk menaikkan 1 data digital. Berikut adalah rumus umum yang digunakan :

$$\text{Data digital} / \text{data analog} = \text{resolusi ADC} \dots \dots \dots (3.1)$$



Gambar 3.2 Blok diagram LM35

3.3.2 ADC

ADC internal pada ATMEGA16 merupakan ADC 10-bit yang memiliki 1024 byte. ADC internal ini digunakan untuk input dari sensor serta masukan / data lain yang digunakan, seperti SSR dan indicator pada heater. Prinsip kerja ADC sendiri ialah member 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 :

$$\text{data digital} / \text{data analog} = \text{resolusi ADC} \dots \dots \dots (3.2)$$

Misalnya kita memiliki nilai digital pada ADC adalah 20 dan tegangan analog pada sensor adalah 200mV, maka resolusi yang dimiliki oleh ADC terhadap sensor tersebut adalah :

$$20 / 200\text{mV} = 0.1$$

Artinya adalah ADC membutuhkan tegangan 0.1mV untuk setiap kenaikan 1 nilai digital. Dari resolusi yang kita dapatkan kita juga mengetahui berapa tegangan maksimum yang dapat direspon / diubah oleh ADC. Tentunya kita harus mengetahui ADC yang kita gunakan memiliki berapa bit. Persamaan umum untuk mengetahui tegangan maksimum yang dapat direspon oleh ADC :

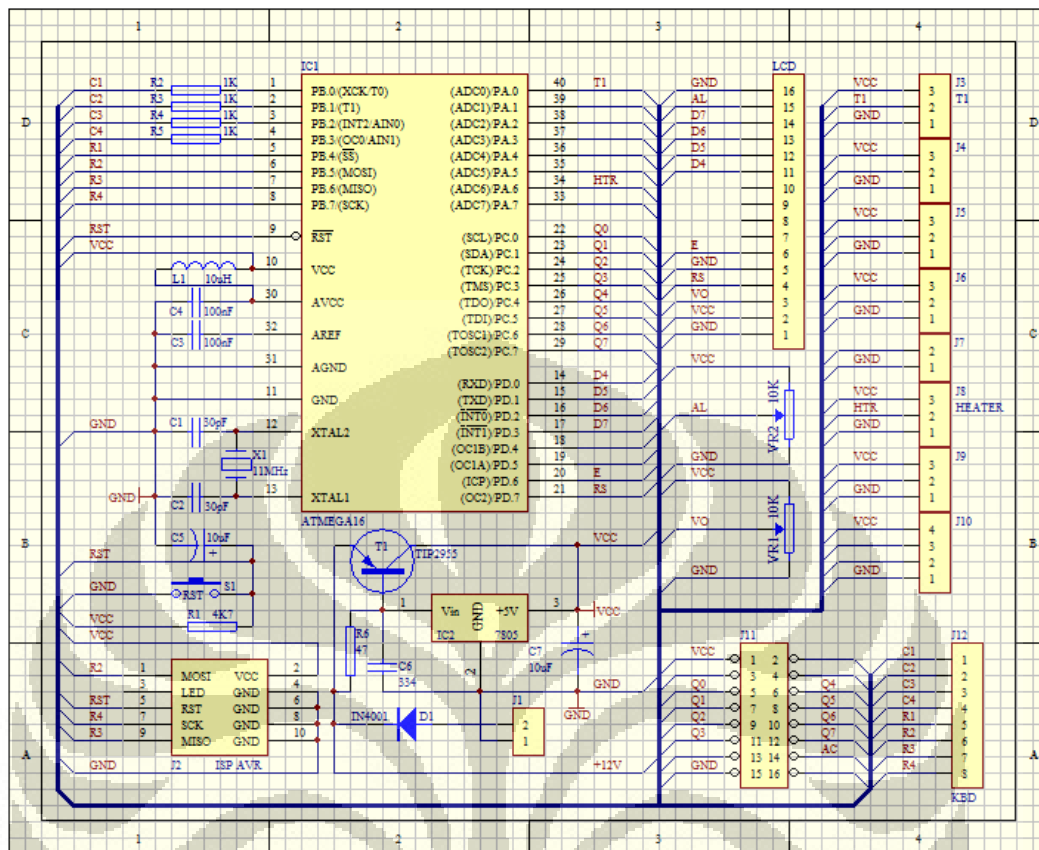
$$\text{Resolusi} \times \text{jumlah byte ADC} = \text{respon tegangan maksimum ADC} \dots (3.3)$$

Jadi jika kita mempunyai nilai resolusi pada ADC sebesar 0.1 dan ADC yang kita gunakan adalah ADC-10bit (1024 byte), maka nilai tegangan maksimum yang direspon oleh ADC adalah :

$$0.1 \times 1024 = 102.4 \text{ mv}$$

3.3.3 Rangkaian Minimum System

Rangkaian minimum system bertujuan untuk menyediakan lingkungan minimum yang memungkinkan pengendali mikro bekerja secara optimal, dilengkapi dengan soket ISP (*In-System Programming*) sehingga memudahkan dalam proses pengisian program. Sebagai sumber pewartuan utama mempergunakan kristal 11MHz yang berfungsi untuk menentukan kecepatan eksekusi instruksi program.

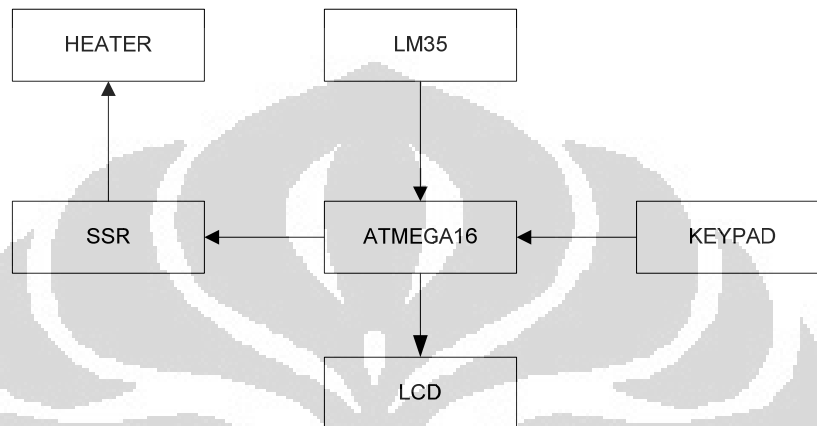


Gambar 3.3 Schematic rangkaian minimum system

Rangkaian minimum sistem ini terdiri dari jalur *ISP programmer*, rangkaian reset mikrokontroler dan *ISP programmer*, kristal, 4 buah header 1x10 yang terhubung ke port I/O-nya mikrokontroler, dan delapan buah terminal keluaran. Sebagai otak dari sistem ini menggunakan mikrokontroler produk dari atmel keluarga AVR seri ATmega 16. IC mikrokontroler ATmega 16 ini memiliki 40 pin dengan 32 pin I/O, 8K byte *flash memory*, dan 512K EEPROM. Pada rangkaian minimum system ini, pinA.0 mikrokontroler digunakan sebagai input dari sensor temperature (LM35), pinA.6 digunakan sebagai input heater. Sedangkan pinD.0 dan pinD.1 digunakan untuk komunikasi ke PC (*Personal Computer*).

3.3.4 Diagram Blok 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 dibawah ini.



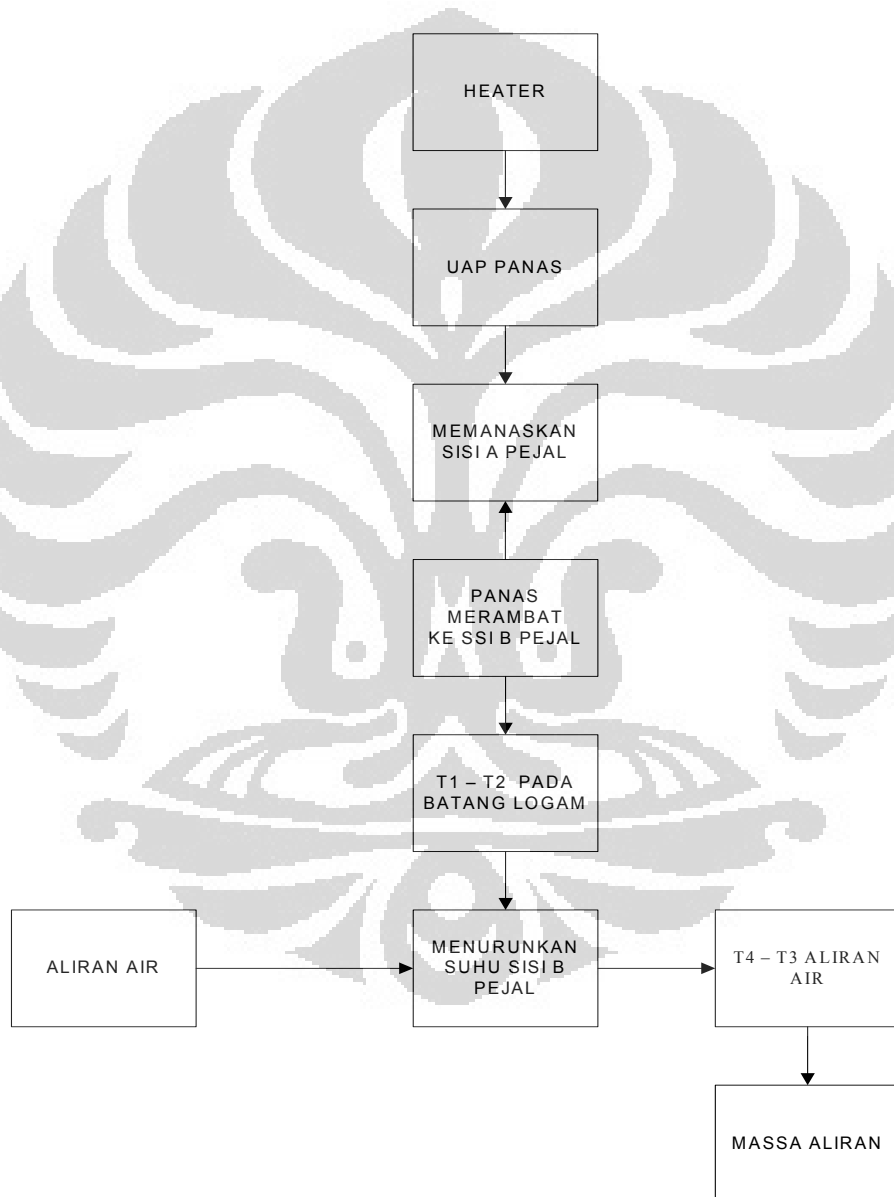
Gambar 3.4 Blok diagram rangkaian

Pada diagram blok diatas pemanas air akan dikendalikan melalui mikrokontroller dengan memberikan sinyal “on” melalui SSR (solid state relays). Fungsi SSR adalah sebagai pengaman pada rangkaian, karena pada awal penyalaan pemanas air akan terjadi lonjakan arus yang besar. SSR yang dipakai adalah SSR 40 A, karena heater yang digunakan memiliki daya 3000 W. LM35 merupakan sensor temperatur pada satuan C yang akan membaca perubahan temperature yang terjadi pada perambatan panas pada pejal dan perubahan temperature pada aliran air masuk dan aliran air keluar. Pembacaan data yang di inputkan dari LM35 akan diterima oleh mikrokontroller. Data yang berupa tegangan (analog) akan dikonversi kedalam bentuk digital pada PORT A, kemudian diproses dan ditampilkan di LCD.

3.4 Flowchart

Pada perancangan ini dibuat diagram blok terlebih dahulu untuk menggambarkan cara kerja system baik elektronik maupun secara fisis. Setiap blok memiliki fungsi masing-masing dan saling berhubungan.

3.4.1 Flowchart Fisis

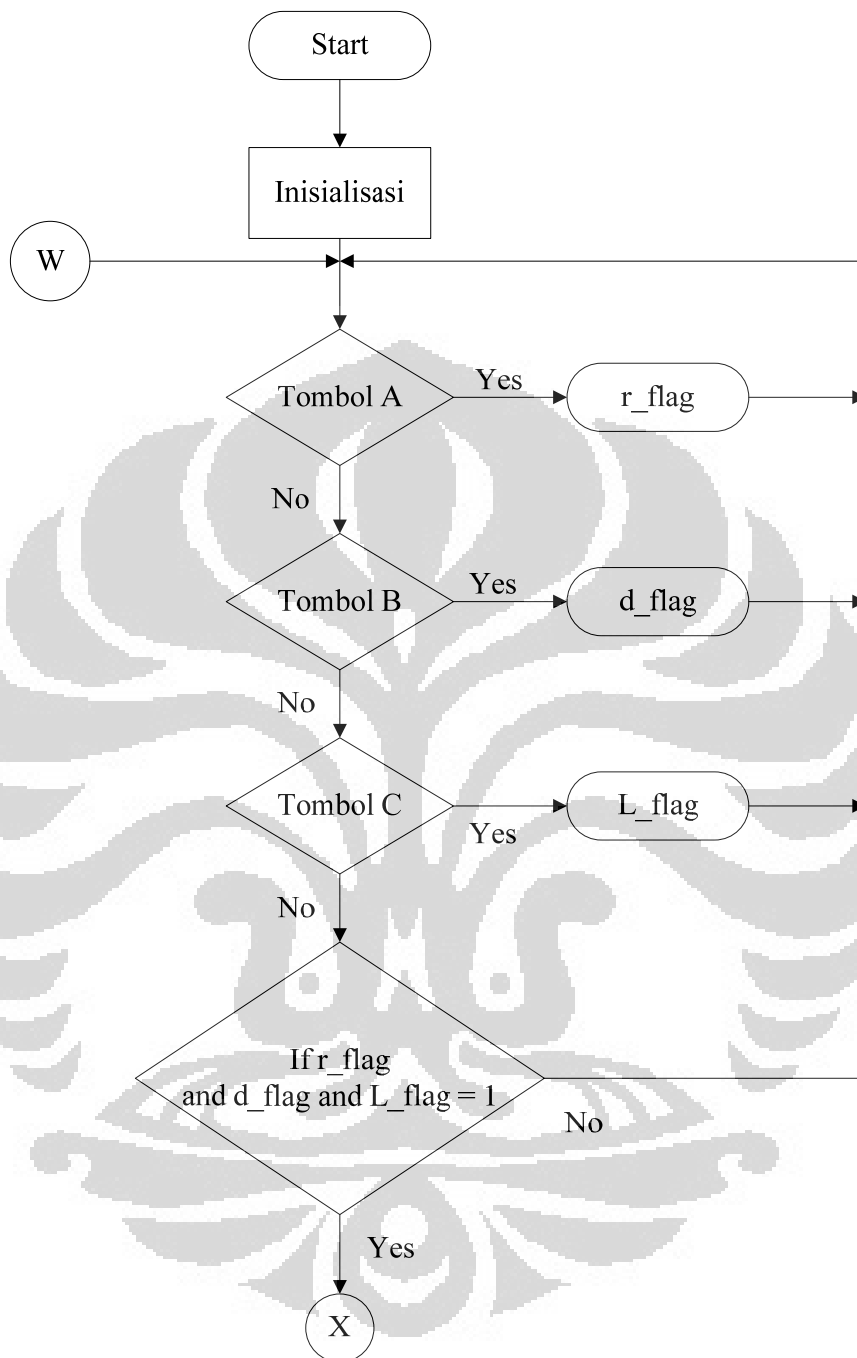


Gambar 3.5 Blok diagram secara fisis

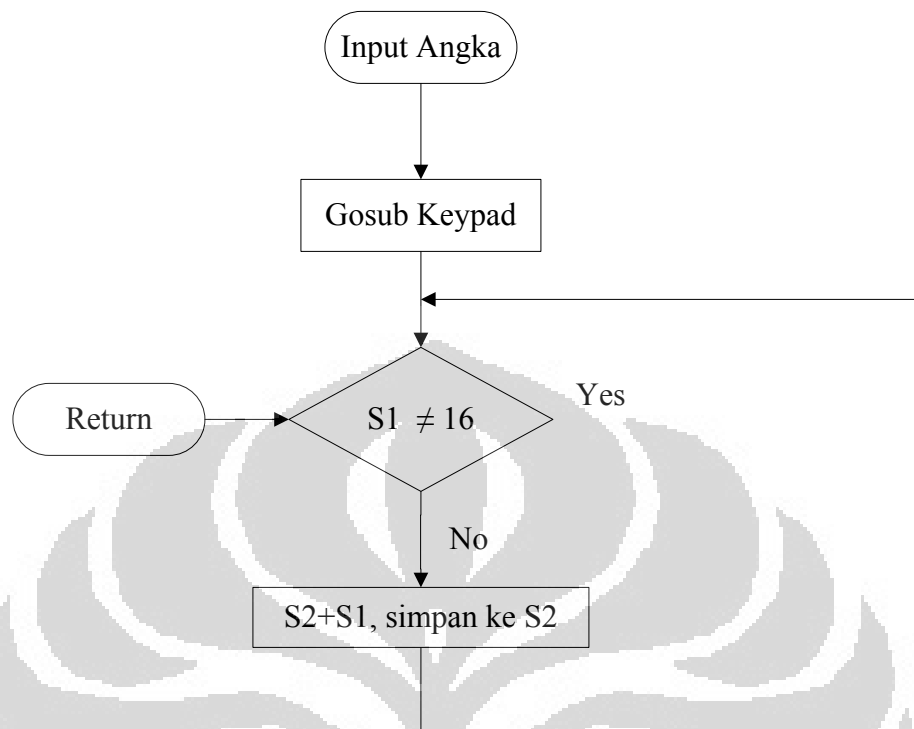
Diagram alir diatas berikut adalah diagram alir secara fisis. Heater akan memanaskan air dan menghasilkan uap, uap tersebut akan dialirkan melalui selang silicon yang akan memanaskan sisi A pejal. Pada saat yang bersamaan air akan mengalir melewati pejal sisi B pada debit tertentu. Kemudian panas akan mengalir melalui pejal menuju sisi B, selama perambatan ada Δt diantara sisi A dan B. Setelah sampai pada sisi B yang telah dialiri panas dari sisi A, panas tersebut akan mengalir sebagian ke air yang mengalir. Temperature air yang masuk dan yang keluar setelah terkena sisi B akan berbeda. Hal ini akan menjadi acuan perhitungan dan massa air yang mengalir akan ditampung kedalam bejana dan ditimbang.

3.4.2 Flowchart Program Mikrokontroler

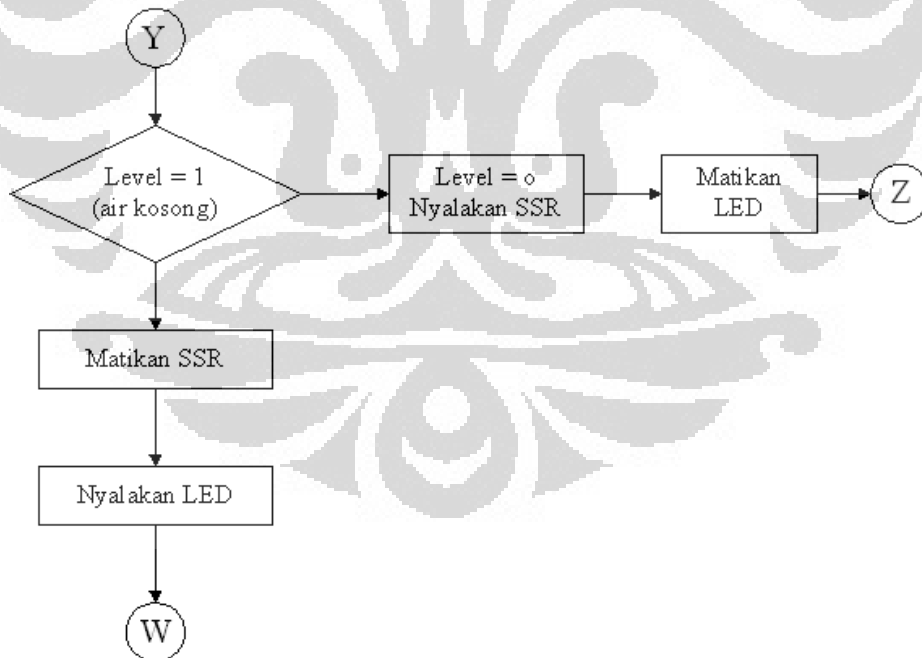
Pembuatan flowchart ini bertujuan untuk memudahkan kita untuk mengetahui bagian-bagian apa saja yang ada di dalam pemrograman. Selain itu juga memudahkan dalam melakukan pemrograman. Di dalam pemrograman perlu sistematis yang beraturan agar apa yang nantinya diaplikasikan akan sesuai dengan algoritma dan keinginan yang kita inginkan. Pada pemrograman yang saya buat, secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 buah bagan yang masing-masing bagan memiliki fungsi tertentu dan saling berkaitan satu sama lain. Yang pertama adalah inisialisasi, yang berfungsi untuk mendeklarasikan variabel-variabel yang digunakan. Diantaranya input keypad untuk panjang logam, diameter logam dan jarak antar sensor 1 dan sensor2. Didalam flowchart yang pertama terbagi lagi kedalam 2 bagian, yaitu pemrograman input keypad yang berfungsi untuk memasukan data yang tersedia melalui keypad. Kemudian yang kedua adalah bagian menyimpan data yang tadi telah dimasukan untuk nantinya dijadikan salah satu data dalam perhitungan. Dan yang kedua adalah pembacaan dan perhitungan nilai-nilai yang didapat dari data maupun dari input keypad. Selain 2 bagan utama diatas ada satu lagi flowchart yang digunakan, yaitu indicator untuk mengetahui keadaan air dalam tabung pemanas habis atau tidak. Karena sangat beresiko jika kita tidak membuat indicator pada tabung pemanas yang dapat mengakibatkan heater cepat rusak dan hubungan singkat.



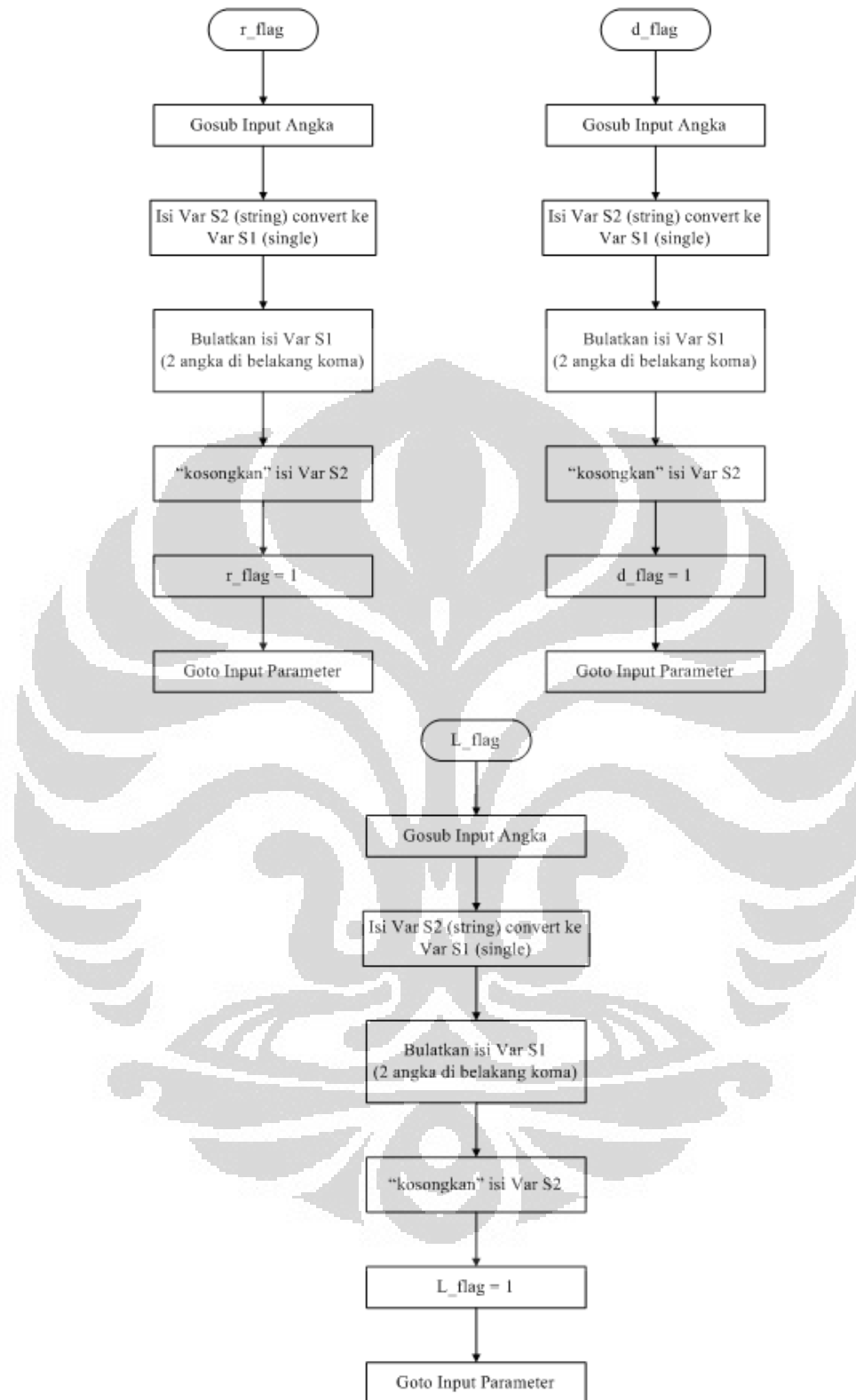
Gambar 3.6 Flowchart Pemrograman Inisialisasi



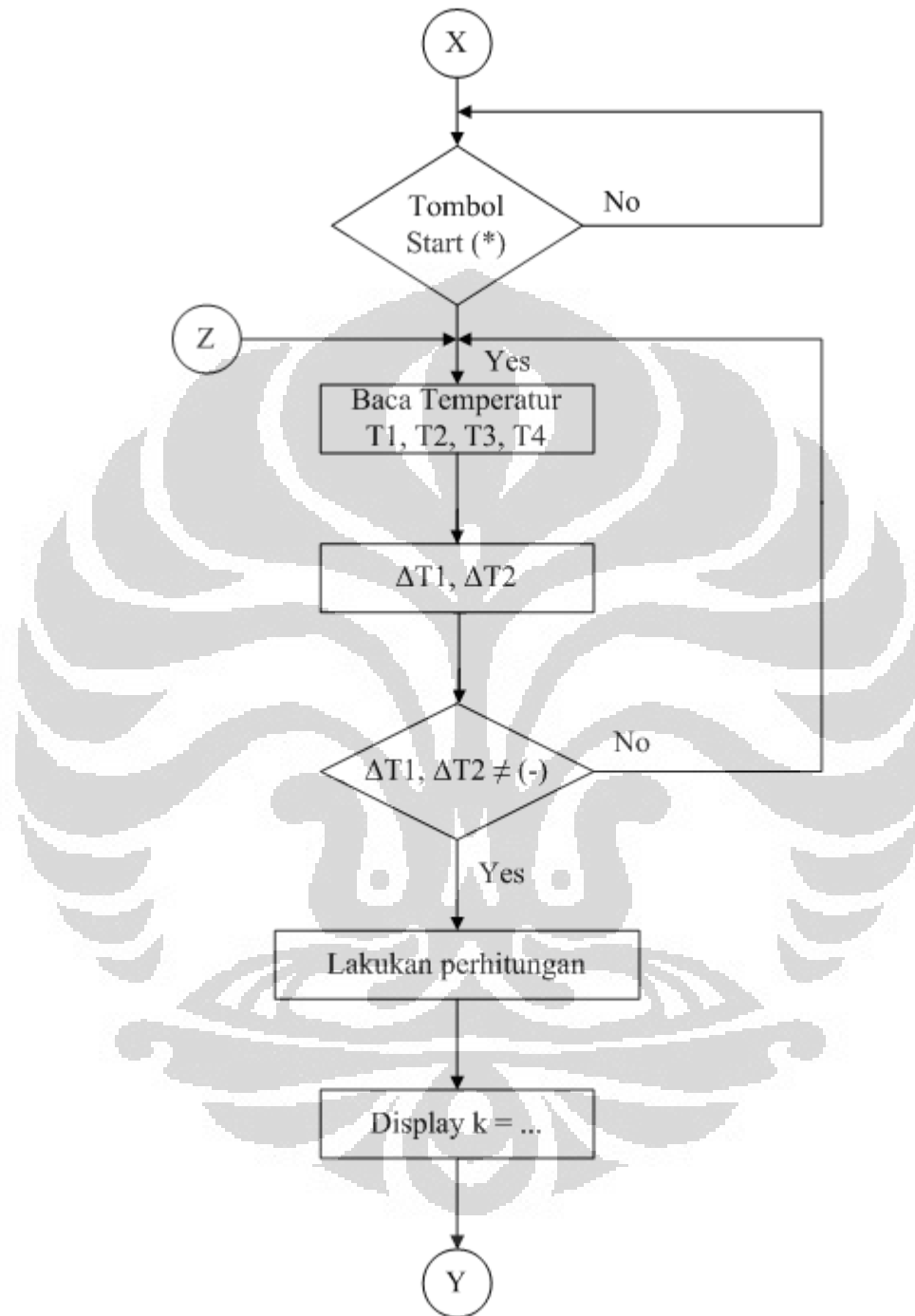
Gambar 3.7 Flowchart Pemrograman Input keypad



Gambar 3.8 Flowchart Pemrograman Indikator



Gambar 3.9 Flowchart Pemrograman Flag



Gambar 3.10 Flowchart Pemrograman Perhitungan dan Pengambilan data

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 :

- Pengujian Mekanik
- Pengujian Keypad
- Pengujian Sensor LM35
- Pengujian Timbangan
- Pengujian Konduktivitas Logam

4.1 Pengujian Mekanik

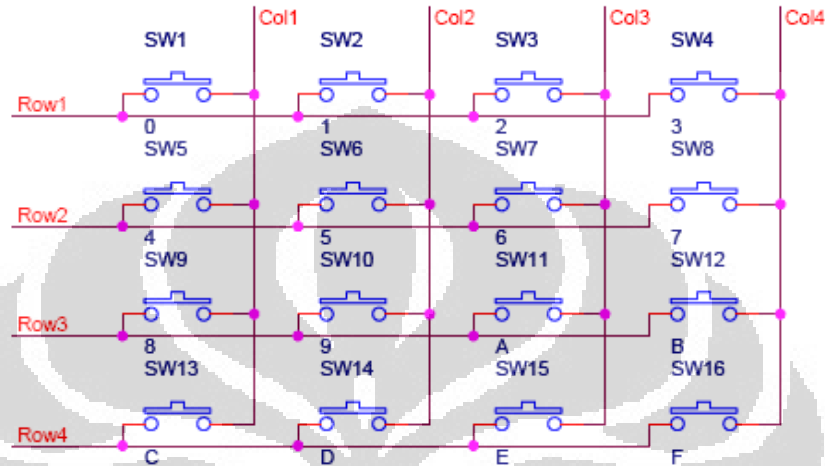
Pengujian mekanik pada pemanas air bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air sebanyak 5 liter. Selain itu pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah selama proses / pengambilan data berlangsung wadah pemanas air mengalami kebocoran. Pada awalnya kebocoran terjadi pada bagian ulir antara tutup atas dan bawah. Kemudian diberi silicon ruber agar uap yang keluar dapat diblok tetap didalam wadah.

Kemudian kotak pada masing-masing ujung pejal, harus dibuat sepresisi mungkin karena kotak tersebut tidak boleh mengalami kebocoran. Bahan kotak pada sisi pejal yang dialiri air harus terbuat dari bahan isolator, hal ini dimaksudkan agar panas tidak mudah keluar. Kedua kotak pada ujung-ujung pejal juga tidak ada kebocoran. Pengaturan debit aliran air yang mengalir juga harus diatur agar perubahan temperature dapat terlihat.

4.2 Pengujian Keypad

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 inisialisasi data keypad kedalam mikrokontroler.



Gambar 4.1 keypad matriks 4x4

Dibawah ini adalah data dari pengecekan menggunakan multimeter :

Tabel 4.1 Data keypad 4x4

Dari data yang terdapat pada table selanjutnya kita dapat melanjutkan pemrograman keypad pada mikrokontroller. Kebanyakan kendala yang dihadapi pada pemrograman keypad adalah salah membaca data binary yang diinisialisasi ke dalam mikrokontroller. 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 inisialisasi. Berikut adalah daftar table setelah inisialisasi keypad ke mikrokontroller.

Tabel 4.2 Data tampilan keypad pada Lcd



4.3 Pengujian Sensor LM35

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

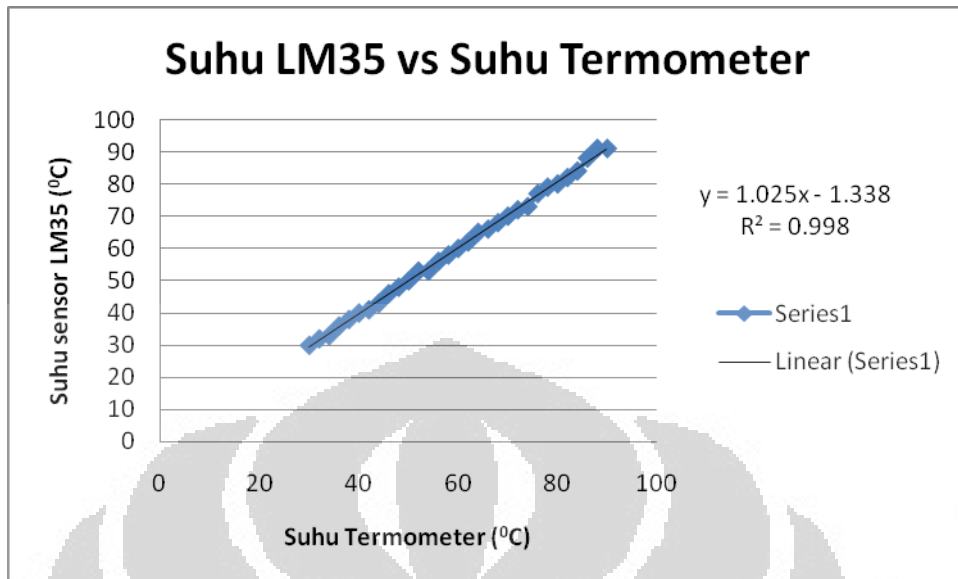
$$10\text{mV} \times \text{kenaikan suhu } (^{\circ}\text{C}) = \text{tegangan yang terbaca (mV)} \dots\dots\dots(4.1)$$

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

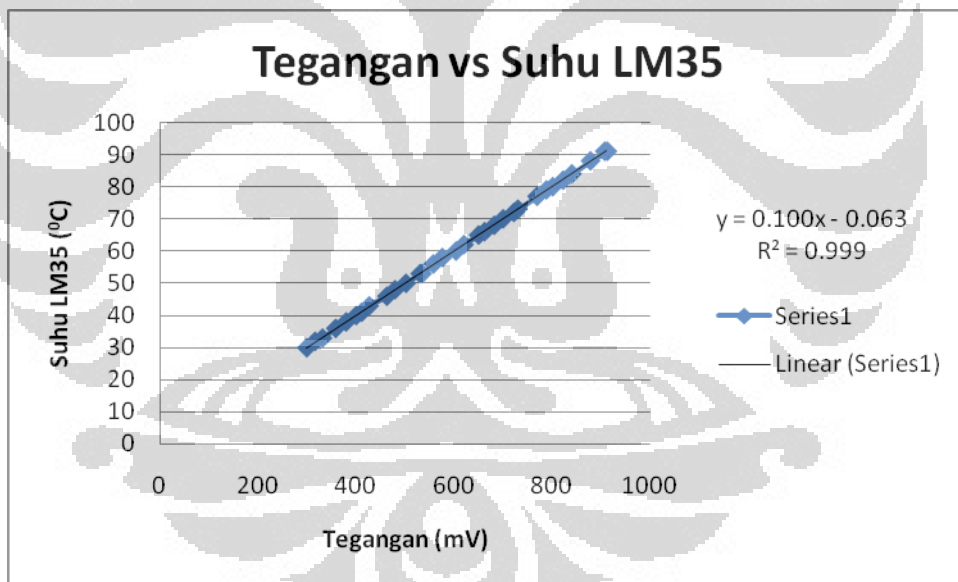
$$\text{tegangan yang terbaca} / 10\text{mV} = \text{suhu yang direspon (}^{\circ}\text{C)}\dots\dots\dots(4.2)$$

Tabel 4.3 Pengambilan Data LM35

Suhu Termometer (C)	Suhu LM35 (C)	Tegangan (mV)
30	30	300
32	32	317
34	33	332
36	36	359
38	38	380
40	40	401
42	41	412
44	43	427
46	46	463
48	48	480
50	50	502
52	53	531
54	53	535
56	56	558
58	58	576
60	60	604
62	62	620
64	65	650
66	66	662
68	68	682
70	70	700
72	72	722
74	73	730
76	77	769
78	79	788
80	80	801
82	82	822
84	84	840
86	88	878
88	91	912
90	91	907



Gambar 4.2 Grafik Suhu LM35 vs Suhu Termometer



Gambar 4.3 Grafik Suhu LM35 vs Tegangan

Dari table diatas dapat dikatakan bahwa setiap kenaikan 1 °C pada LM35 akan memberikan respon tegangan sebesar ± 10mV. Sedangkan pembacaan temperatur menggunakan alat ukur thermometer 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.

4.4 Pengujian Timbangan

Pengujian timbangan bertujuan untuk mengetahui resolusi yang dimiliki oleh timbangan tersebut. Timbangan yang dipakai adalah timbangan yang beredar di pasaran, dengan resolusi pembacaan berat 0.5gr dan berat maksimum mencapai 1000gr. Timbangan inilah yang kemudian di modifikasi untuk membaca variabel yang dibutuhkan dalam percobaan. Modifikasi perlu dilakukan agar sinyal pada timbangan dapat direspon ke rangkaian minimum system ATMEGA16. Ada beberapa modifikasi yang dianggap perlu untuk memudahkan penulis mengambil data dan mengetahui resolusi pada timbangan. Pertama adalah dengan memberikan supply $V_{in (+)}$ dan $V_{in (-)}$, kemudian menghubungkan kabel yang mentransfer sinyal timbangan ke rangkaian minimum system. Setelah melakukan pengambilan data ternyata tegangan keluaran pada timbangan sangat kecil dan mudah dipengaruhi oleh lingkungan. Oleh karena itu penulis membuat rangkaian tambahan yaitu Instrumentasi amplifier. Instrumentasi Amplifier ini berfungsi untuk mengatur sinyal keluaran timbangan, salah satunya adalah menguatkan tegangan keluaran pada timbangan. Selain itu pada Instrumentasi amplifier yang dibuat ada dua buah potensiometer yang berguna sebagai setting timbangan (pembuat nol) dan untuk mengatur jumlah penguatan.

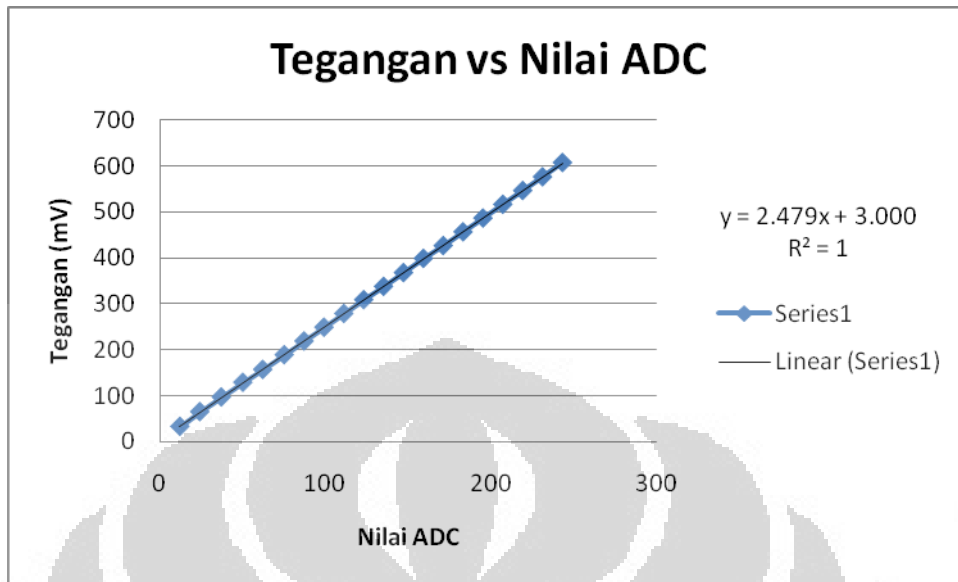
Timbangan itu sendiri menggunakan 4 buah sensor berat yang berada di setiap sudut. Sensor dapat dibagi dalam 2 sisi (kiri dan kanan), yang masing-masing sisi berguna untuk menguatkan sinyal tegangan (+) dan mengutkan sinyal tegangan (-). Prinsip timbangan ini hampir sama dengan prinsip Wheatstone Bridge, semakin jauh rentang antara tegangan (+) dengan tegangan (-) maka beda potensial yang dihasilkan pada output akan membesar. Tegangan output inilah yang akan dikuatkan oleh rangkaian Instrumentasi amplifier. Dengan penguatan tertentu maka penulis dapat melihat perbedaan tegangan output suatu benda dengan berat yang berbeda. Semakin

besar penguatan maka resolusi yang dihasilkan akan membesar, namun timbangan tersebut akan semakin rentan dengan pengaruh lingkungan.

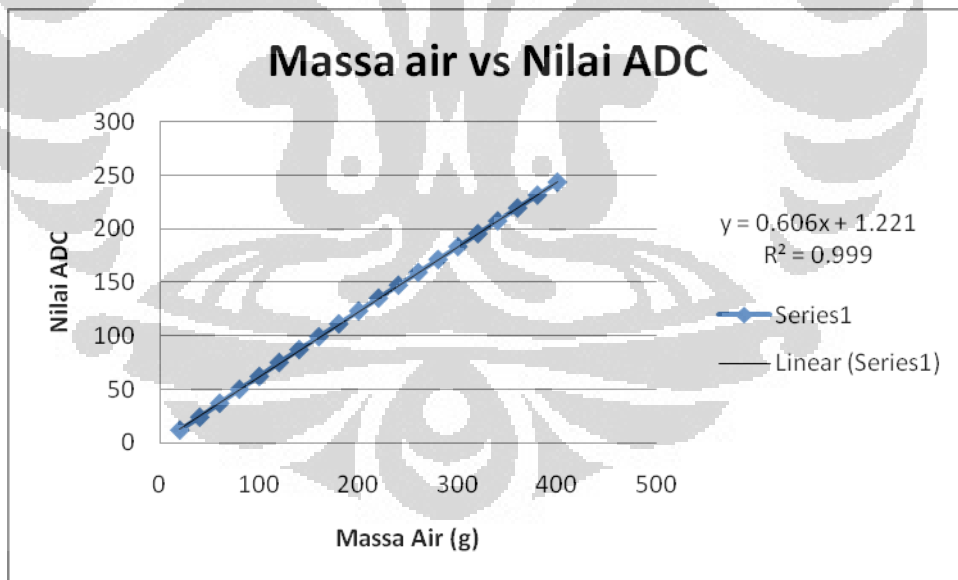
Pengujian dan pengambilan data timbangan dilakukan dengan menggunakan gelas ukur dalam skala ml dan wadah untuk air. Misalnya adalah untuk 20ml air dan wadahnya berapa tegangan output yang akan terbaca dan berapa nilai ADC yang ditampilkan oleh LCD. Penulis melakukan 20 pengambilan data setiap 20ml sampai 400ml. Dibawah ini adalah data yang dihasilkan pada saat pengambilan data :

Table 4.4 Pengambilan data pada timbangan

No	Air (ml)	ADC	Tegangan (mV)
1	20	12	32
2	40	24	64
3	60	37	96
4	80	50	128
5	100	62	156
6	120	75	188
7	140	87	218
8	160	99	248
9	180	111	278
10	200	123	308
11	220	135	337
12	240	147	367
13	260	159	398
14	280	171	426
15	300	183	456
16	320	195	486
17	340	207	516
18	360	219	546
19	380	231	576
20	400	243	607



Gambar 4.4 Grafik ADC vs tegangan



Gambar 4.5 Grafik massa air vs tegangan

Dari data yang terdapat diatas terlihat jelas data yang dihasilkan linier dan penulis dapat mengetahui berapa resolusi yang kini dimiliki oleh timbangan tersebut. Selain itu penulis juga dapat mengetahui berapa resolusi ADC terhadap timbangan tersebut. Untuk mengetahui resolusi ADC terhadap timbangan adalah :

$$\text{Nilai ADC} / \text{tegangan} = \text{resolusi ADC} \dots \dots \dots (4.3)$$

Sebagai contoh penulis akan mengambil data ke-10 sebagai acuan,

$$123 / 308 = 0.399$$

artinya tegangan yang dibutuhkan untuk menaikkan satu nilai ADC adalah 0.399 mV. Selain resolusi ADC penulis juga dapat mengetahui berapa berat minimum yang dapat direspon oleh timbangan tersebut. Timbangan akan mulai merespon jika ada tegangan output pada timbangan memiliki tegangan minimal 0.399 mV yang artinya akan merubah 1 nilai ADC. Untuk mengetahui berapa berat minimal yang dapat direspon oleh timbangan adalah :

$$\text{berat air} / \text{nilai ADC} = \text{resolusi timbangan} \dots \dots \dots (4.4)$$

misalnya adalah pada data pertama volum air 20 ml dan nilai ADC adalah 12, maka besarnya berat minimal yang dapat direspon oleh timbangan tersebut adalah :

$$20 / 12 = 1.6666$$

4.5 Pengujian Nilai Konduktivitas Logam

Pengambilan data untuk nilai konduktivitas logam dilakukan sebanyak 2 kali dengan waktu yang berbeda. Yang pertama adalah dengan waktu 210 sekon dan yang kedua adalah 300 sekon. Monitoring perubahan ΔT pada logam dan ΔT pada aliran air dilakukan dengan rentang waktu 10 sekon. Bahan yang digunakan untuk

pengujian konduktivitas ini adalah aluminium dan tembaga yang berbentuk silinder pejal. Berikut adalah data yang didapat untuk masing-masing bahan dengan waktu yang berbeda :

Table 4.5 Percobaan 1 data konduktivitas panas Aluminium

A (luas penampang)	0.000201	Meter
d (jarak sensor)	0.05	Meter
C (air)	4180	Joule
t (waktu percobaan)	150	Sekon
m (massa aliran air)	0.086	Kg
T2 (sensor 1)	40.3	C
T1 (sensor 2)	51.8	C
T3 (air masuk)	25.5	C
T4 (air keluar)	29.5	C

Sesuai persamaan 2.3, digunakan untuk perhitungan konduktivitas adalah :

$$k = \frac{m c (T_4 - T_3) d}{t (T_1 - T_2) A}$$

Persamaan ruas sebelah kanan adalah nilai kalor per satuan waktu yang dimiliki oleh aluminium, sehingga persamaan ruas kanan menjadi :

$$Q = m C \Delta T / t$$

Sehingga untuk table 1 nilai konduktivitas pada aluminium adalah :

$$K (51.8 - 40.3) * 0.000201 / 0.05 = 0.086 * 4180 * (29.5 - 25.5) / 150$$

$$K 11.51 * 0.00402 = 359.48 * 0.0268$$

$$K 0.04627 = 9.634$$

$$K = 208.2131 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari nilai perhitungan yang dilakukan pada percobaan 1 diatas dan membandingkan hasilnya dengan literature yang ada, maka kesalahan literatur yang didapat pada percobaan 1 aluminium adalah :

$$K L = |\text{nilai perhitungan} - \text{nilai literature}| / \text{literatur} \times 100\%$$

$$K L = |208.2131 - 200| / 200 \times 100\%$$

$$K L = 4.1 \%$$

Kesalahan literatur yang didapat bernilai kecil dan percobaan yang penulis lakukan bisa dianggap bagus dan akurat.

Table 4.6 Percobaan 2 data konduktivitas panas Alumunium

A (luas penampang)	0.000201	Meter
d (jarak sensor)	0.05	Meter
C (air)	4180	Joule
t (waktu percobaan)	210	Sekon
m (massa aliran air)	0.157	Kg
T2 (sensor 1)	43.8	C
T1 (sensor 2)	59.8	C
T3 (air masuk)	25.5	C
T4 (air keluar)	29.8	C

Untuk table ke-2 nilai konduktivitasnya adalah :

$$K (59.8 - 43.8) * 0.000201 / 0.05 = 0.157 * 4180 * ((29.8 - 25.5) / 210)$$

$$K 16.01 * 0.00402 = 656.26 * 0.0202$$

$$K 0.064 = 13.25$$

$$K = 207.0312 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari nilai perhitungan yang dilakukan pada percobaan 1 diatas dan membandingkan hasilnya dengan literature yang ada, maka kesalahan literatur yang didapat pada percobaan 2 alumunium adalah :

$$K L = |\text{nilai perhitungan} - \text{nilai literature}| / \text{literatur} \times 100\%$$

$$K L = |207.0312 - 200| / 200 \times 100\%$$

$$K L = 3.5 \%$$

Kesalahan literatur yang didapat bernilai kecil dan percobaan yang penulis lakukan bisa dianggap bagus dan akurat.

Table 4.7 Percobaan 1 data konduktivitas panas Tembaga

A (luas penampang)	0.000201	meter
d (jarak sensor)	0.05	meter
C (air)	4180	joule
t (waktu percobaan)	240	sekon
m (massa aliran air)	0.06	kg
T1 (sensor 1)	52.5	C
T2 (sensor 2)	61.0	C
T3 (air masuk)	26.3	C
T4 (air keluar)	39.3	C

Untuk table 1 nilai konduktivitas pada Tembaga adalah :

$$K (61.0 - 52.5) * 0.000201 / 0.05 = 0.06 * 4180 * ((39.3 - 25.3) / 240)$$

$$K 8.51 * 0.00402 = 250.8 * 0.0583$$

$$K 0.0342 = 13.5954$$

$$K = 397.4093 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}$$

maka kesalahan literatur yang didapat pada percobaan 1 tembaga adalah :

$$K L = |\text{nilai perhitungan} - \text{nilai literature}| / \text{literatur} \times 100\%$$

$$K L = |397.4093 - 380| / 380 \times 100\%$$

$$K L = 4.5 \%$$

Table 4.8 Percobaan 2 data konduktivitas panas Tembaga

A (luas penampang)	0.000201	meter
d (jarak sensor)	0.05	meter
C (air)	4180	joule
t (waktu percobaan)	120	sekon
m (massa aliran air)	0.04	kg
T1 (sensor 1)	42.0	C
T2 (sensor 2)	51.5	C
T3 (air masuk)	26.3	C
T4 (air keluar)	36.8	C

Untuk table 1 nilai konduktivitas pada Tembaga adalah :

$$K (51.5 - 42.0) * 0.000201 / 0.05 = 0.04 * 4180 * (36.8 - 26.3) / 120$$

$$K 9.51 * 0.00402 = 167.2 * 0.0875$$

$$K 0.0382 = 14.6439$$

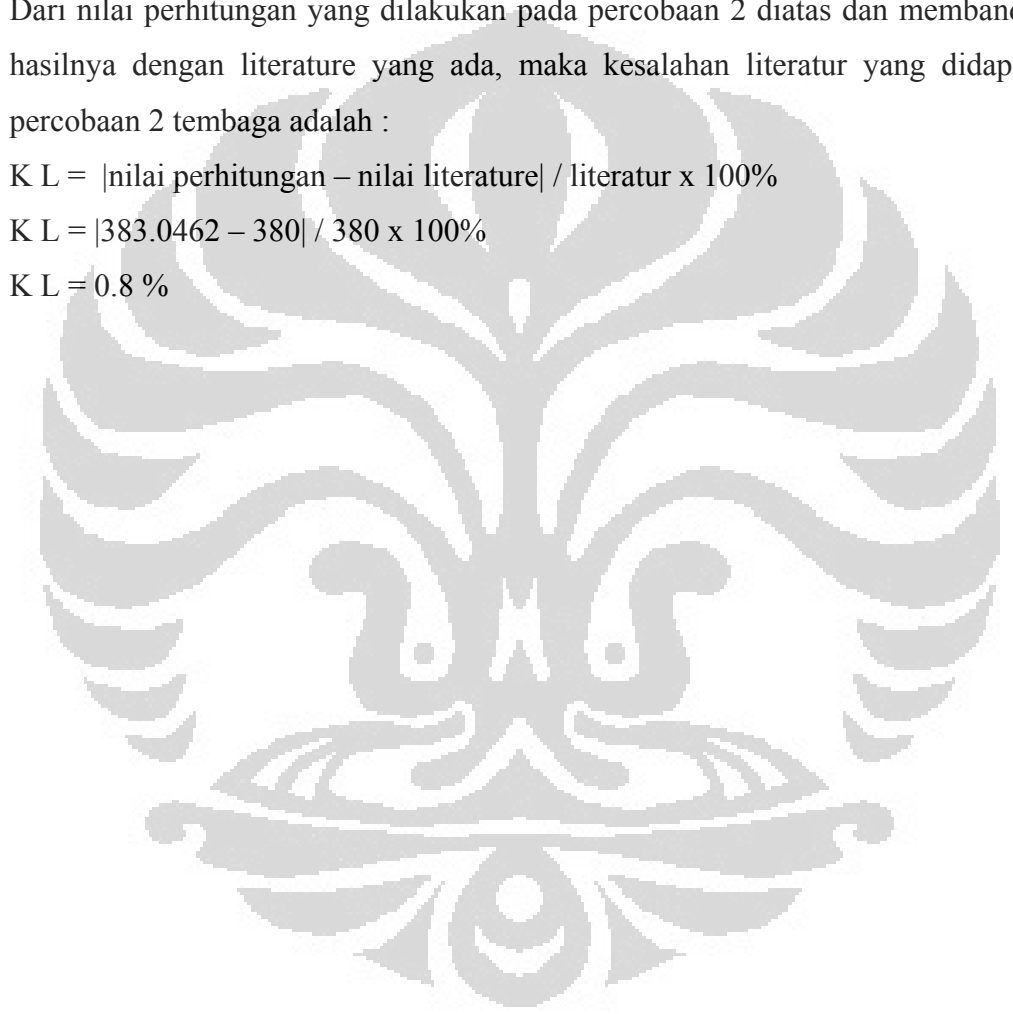
$$K = 383.0462 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dari nilai perhitungan yang dilakukan pada percobaan 2 diatas dan membandingkan hasilnya dengan literature yang ada, maka kesalahan literatur yang didapat pada percobaan 2 tembaga adalah :

$$K L = |\text{nilai perhitungan} - \text{nilai literature}| / \text{literatur} \times 100\%$$

$$K L = |383.0462 - 380| / 380 \times 100\%$$

$$K L = 0.8 \%$$



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari semua pembahasan dan pengambilan data di atas dapat diambil beberapa kesimpulan, baik dari segi perancangan maupun pengambilan data.

- Aliran uap kedalam kotak akan mengalami perpindahan panas karena selang silicon tidak terisolasi sehingga panas akan mengalir ke lingkungan yang suhunya lebih rendah.
- Perpindahan panas pada kotak juga terjadi karena kotak menggunakan bahan konduktor.
- Selama perambatan panas melalui logam (aluminium dan tembaga) terjadi perpindahan panas karena isolator yang digunakan tidak sempurna.
- Desain pemanas air yang terlalu besar akan memerlukan banyak waktu untuk menghasilkan uap.
- Percobaan yang dilakukan berhasil karena kesalahan literatur < 10%.

5.2 Saran

Penulis menyadari banyak yang harus dibenahi dari penelitian yang dilakukan, baik secara perancangan maupun pengolahan data.

- Mengurangi konstruksi mekanik dengan menggunakan bahan konduktor.
- Variasikan satu jenis logam dengan diameter dan panjang yang berbeda.
- Menggunakan isolator yang mampu menahan suhu hingga 80 °C atau lebih.
- Gunakan alat ukur temperature yang memiliki resolusi yang besar.
- Jarak pengaliran uap panas ke kotak tidak terlalu jauh.

DAFTAR ACUAN

- [1] Data *Sheet*, Mikrokontroller AT MEGA 16
- [2] Giancoli, Douglas C., 2001, Fisika Jilid I (terjemahan), Jakarta : Penerbit Erlangga
- [3] Halliday dan Resnick, 1991, Fisika Jilid I, Terjemahan, Jakarta : Penerbit Erlangga
- [4] <http://www.ilmukomputer.com>
- [5] Putra, Agfianto Eko., “Belajar Mikrokontroler”, Penerbit Gava Media, 2003.
- [6] Seborg, Dale E., “Process Dynamics And Control”, John Wiley & Sons Inc, 1989.
- [7] Tipler, P.A., 1998, Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan), Jakarta : Penerbit Erlangga
- [8] Tokheim, Roger L., “Digital Electronics”, Prentice-Hall International, Inc.