



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN PENGGORENGAN MAKANAN
DENGAN TEMPERATUR TERKENDALI**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md)**

**STEVANUS PUSPO SULISTYO
2305213017**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA DAN INDUSTRI
DEPARTEMEN FISIKA
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Stevanus Puspo Sulistyo

NPM : 2305213017

Tanda Tangan :

Tanggal : 31 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Stevanus Puspo Sulistyو
NPM : 2305213017
Program Studi : D 3 Instrumentasi Elektronika
Judul Laporan Tugas Akhir : Rancang Bangun Penggorengan Makanan Dengan Temperatur Terkendali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dosen Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada program study Diploma 3 Instrumentasi Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Indonesia

DOSEN PENGUJI

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

Penguji : Dr. Prawito ()

Penguji : Drs. Lingga Hermanto, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur yang terpanjatkan tak hentinya kepada Tuhan Yang Maha Esa dan Sang Maha Pengasih serta Maha Penyayang yang telah memberikan rahmat, kasih sayang dan perlindungannya serta kekuatan yang besar kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat penulis dalam mendapatkan gelar Ahli Madya (AMD) pada Program D3 Instrumentasi Elektronika dan Industri, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr prawito, selaku Ketua Program Study D3 Insrumentasi Elektronika dan Industry. Terima kasih untuk segala masukan yang sangat berarti dan bantuan di saat mahasiswa D3 instrumrntasi Elektro mengalami kesusahan. Dan memberikan dukungan yang tiada habisnya kepada para mahasiswa.
2. Drs.Arief Sudarmaji, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan pengarahan yang sangat besar manfaatnya bagi penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini
3. Seluruh Dosen Pengajar tetap maupun tidak tetap, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat untuk penulis dalam menjalani jenjang pendidikan di D3 Instrumentasi Industri ini.
4. Kepada kedua orang tua, bapak dan ibuku. Tiada kata yang dapat terucapkan, segala pantun, sajak serta puisi di dunia ini takkan pernah habis terucap oleh pikiran manusia yang mampu menjelaskan betapa besar kasih sayang mereka. Tiada harta yang lebih berharga di dunia ini, emas, permata serta berlian takkan mampu membeli kasih sayang mereka. Mungkin kata terima kasih tidaklah cukup untuk membalas semua cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan baik moril maupun

materil, dan semua perjuangan-perjuangan yang telah dilakukannya. Serta dukungan dari kedua kakak yaitu Novia dan Leonardo. Semoga dengan selesainya laporan tugas akhir ini dapat membawa sedikit kebanggaan untuk kalian.

5. Bu iis, selaku ketua pengrajin stainless steel se-nusantara. Terima kasih telah memberikan harga yang murah dan telah memberikan pikiran dan solusinya serta curhatan-curhatan yang telah membekas di hati. Dan Mang idun, selaku pengrajin stainless steel. Terima kasih kuucapkan karena telah membuat mekanik dari Tugas Akhir ini terselesaikan. "makasih bang idun, sorry engga ngasih rokok."
6. Keluarga Besar JOBLESSNESS, selaku teman dan juga sahabat. Terima kasih atas segala bantuan moril dan materil. M herwadi (selaku partner TA dan juga merangkap sebagai ketua gang motor), bewok (sang penyebar virus gatal-gatal), nando (pindahan dari universitas Zimbabwe), tendy (selaku cina glodok yang membuat pusing mahasiswa dengan harga yang melambung tinggi), bayu (yang kerjanya gesek-gesek kalo malem dan langsung mendapatkan banyak uang), imam (dj from pocin), jamal (sang pembuat upil), Samuel (kasur), sabil (budi anduk), bombie (mang pandi) and the ladies are monik (bule depok), maya (pecinta kura-kura brazil), anggit (istri polisi), pianggi (si kecil yang bawel), uchie (hidung besar).
I love n always miss u guys...!!!!. Don't forget me.
7. Semua sahabat yang telah memberikan dukungan lewat material maupun secara moril dan tidak dapat disebut satu persatu tetapi selalu ada dalam ingatan penulis. Terima kasih untuk dukungan, doa dan *supportnya*.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis, maka penulis tidak menutup diri terhadap segala kritik dan saran yang diberikan kepada penulis.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, terutama untuk penulis dan pembaca pada umumnya.

Depok, Desember 2008

Penulis

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

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

Nama : Stevanus Puspo Sulistyo
NPM : 2305213017
Program Studi : D 3 Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Laporan Tugas Akhir

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

**RANCANG BANGUN PENGGORENGAN MAKANAN DENGAN
TEMPERATUR TERKENDALI**

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 : 16 Januari 2009

Yang menyatakan

(Stevanus Puspo Sulistyo)

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Deskripsi Singkat.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TEORI DASAR	6
2.1 Sensor Temperatur.....	6
2.1.1 Pemilihan Jenis Sensor Suhu.....	7
2.1.2 Persyaratan Umum Sensor atau Transduser.....	8
2.1.3 Sensor LM35.....	10
2.1.4 <i>Thermocouple</i>	11
2.1.5.1 Kerja <i>Thermocouple</i>	12
2.1.5.2 Temperatur Kerja Sensor.....	14
2.1.5.3 Penggunaan <i>Thermocouple</i>	15
2.1.5.4 Tipe-tipe <i>Thermocouple</i>	16
2.1.5.5 Perbandingan Jenis <i>Thermocouple</i>	17
2.2 <i>Heater</i>	17
2.3 Perpindahan Kalor.....	19
2.3.1 Perpindahan Panas Konveksi.....	20
2.4 SSR (<i>Solid State Relay</i>).....	21
2.4.1 Operasi.....	21
2.4.2 Keuntungan SSR.....	21
2.4.3 Kerugian SSR.....	22
BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	23
3.1 Perancangan Hardware.....	23
3.1.1 Perancangan Mekanik.....	24
3.1.2 <i>Heater</i>	25
3.1.3 <i>Thermocouple</i>	26

3.2	Cara Kerja Sistem.....	28
3.2.1	Rangkaian Minimum Sistem.....	28
3.2.2	Rangkaian <i>Thermocouple</i>	30
3.2.2.1	Kalibrasi <i>Thermocouple</i>	30
3.2.4	Rangkaian <i>Power Supplay</i>	31
3.2.5	Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16.....	33
BAB 4	HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA	36
4.1	Pengujian <i>Heater</i>	36
4.2	Pengujian <i>Thermocouple</i>	36
4.3	Pengujian Sistem	38
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR ACUAN	41
	LAMPIRAN	

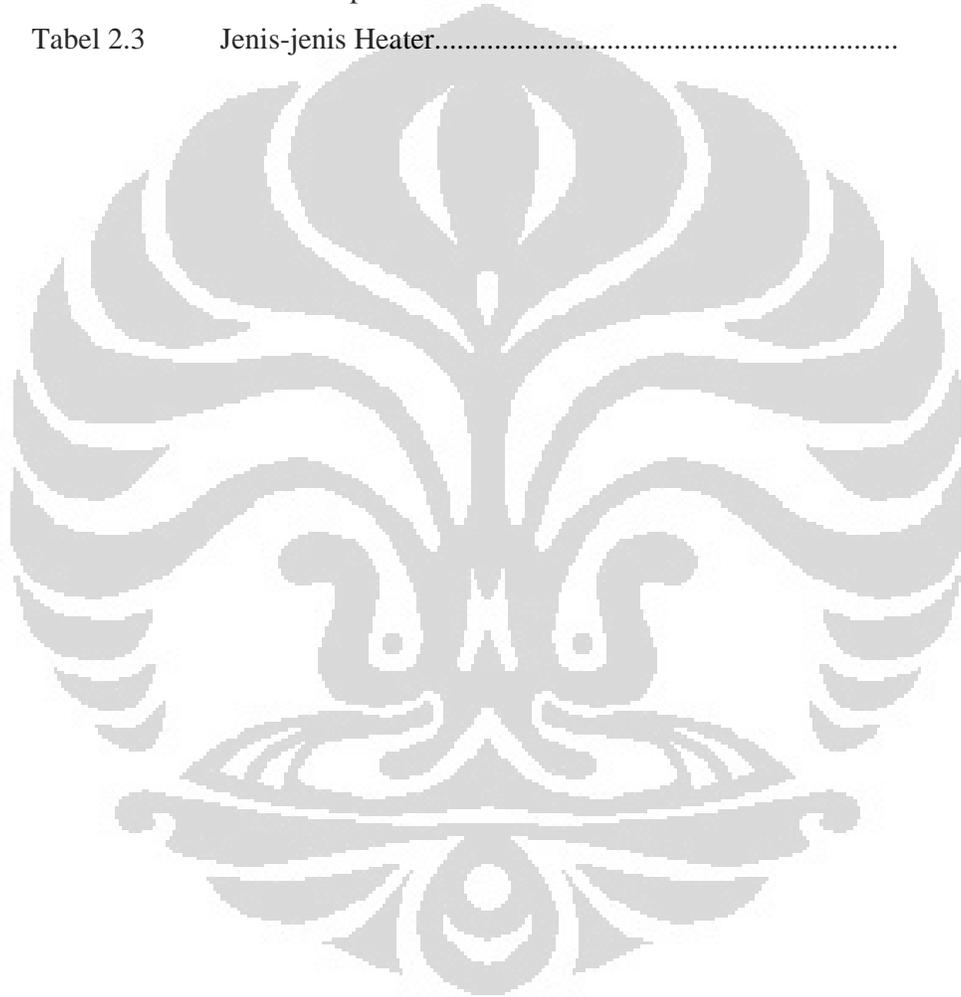


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Blok Diagram Pada Sistem..... 3
Gambar 2.1	Keluaran dari Transduser Panas..... 9
Gambar 2.2	Bentuk Fisik LM35..... 10
Gambar 2.3	Arah Gerak Elektron jika dipanaskan..... 11
Gambar 2.4	Grafik Respon Thermocouple..... 15
Gambar 3.1	Perancangan Mekanik..... 32
Gambar 3.2	Heater dan sekat..... 34
Gambar 3.3	Thermocouple yang digunakan..... 35
Gambar 3.4	Rangkaian Minimum Sistem..... 24
Gambar 3.5	Rangkaian Thermocouple..... 26
Gambar 3.6	Rangkaian Power Supplay..... 28
Gambar 3.7	Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16..... 29
Gambar 4.1	Grafik Temperatur naik pada LCD 1..... 37
Gambar 4.2	Grafik Temperatur naik pada LCD 2..... 38
Gambar 4.3	Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur Naik pada LCD 1..... 38
Gambar 4.4	Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur naik pada LCD 2..... 39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik sensor temperatur.....	14
Tabel 2.2 Tabel perbandingan temperatur pada jenis-jenis Thermocouple... ..	17
Tabel 2.3 Jenis-jenis Heater.....	18



ABSTRAK

Nama : Stevanus Puspo Sulistyio
Program Study : D3 Instrumentasi Elektronika
Judul : Rancang Bangun Penggorengan Makanan dengan
Temperatur Terkendali

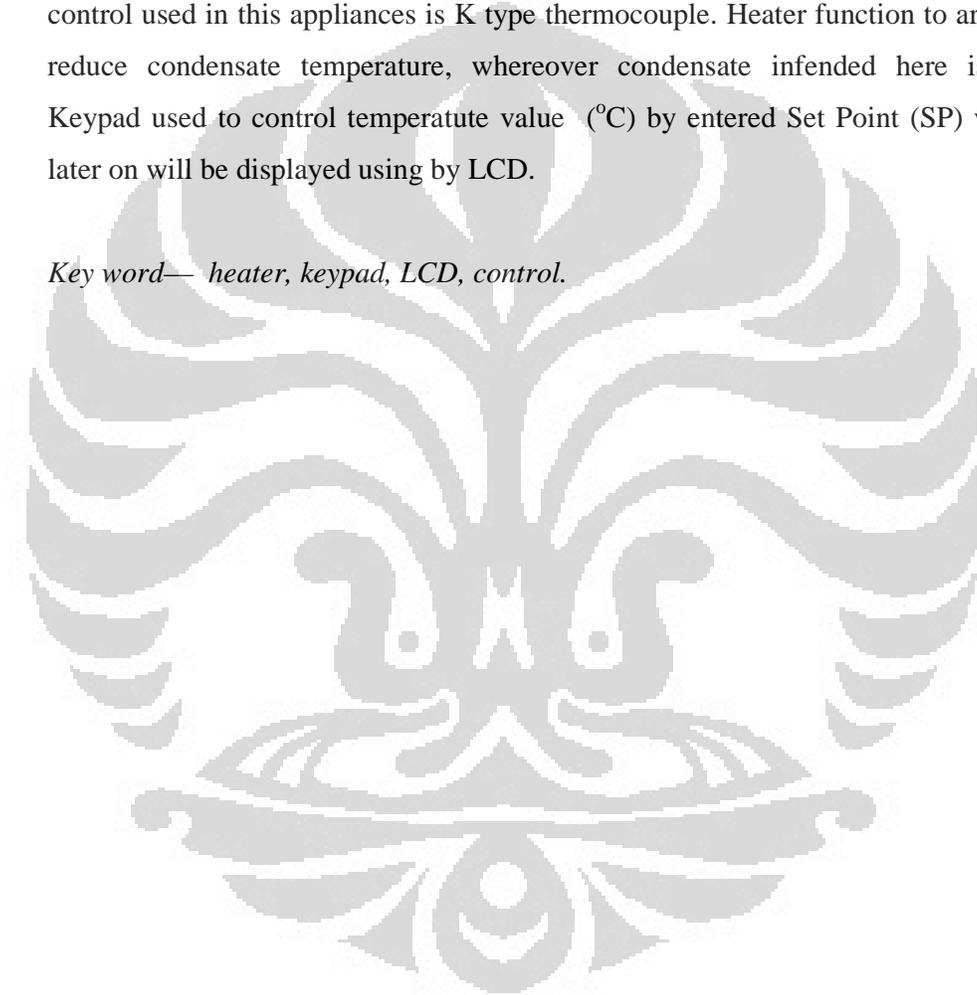
Telah dibuat sebuah penggorengan makanan dengan temperatur terkendali. Alat ini mempergunakan 2 buah bak atau wadah sebagai tempat untuk menggoreng, Dengan heater yang berfungsi sebagai pemanas untuk menaikkan suhu pada minyak. heater disini mempunyai daya masing-masing sebesar 1500 watt dan Sensor untuk mengukur suhu pada minyak yaitu *Thermocouple*. Thermocouple yang digunakan yaitu thermocouple tipe K dengan rentang suhu -200°C sampai dengan 1200°C . Pengaturan dilakukan dengan Digunakan sebuah keypad untuk mengendalikan nilai temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dengan memasukkan nilai *Set Point* (SP) yang kemudian akan ditampilkan dengan menggunakan LCD.

Kata kunci— heater, keypad, LCD, Pengendali

ABSTRACT

A control appliances have been made to control temperature. The control executed with arranging the energy to be given to relay then turn on the heater. Temperature control used in this appliances is K type thermocouple. Heater function to arise or reduce condensate temperature, wherever condensate infended here is oil. Keypad used to control temperatute value ($^{\circ}\text{C}$) by entered Set Point (SP) value, later on will be displayed using by LCD.

Key word— heater, keypad, LCD, control.



BAB 1

PENDAHULUAN

Bab pertama pada laporan tugas akhir ini, merupakan sebuah lembaran pendahuluan dari kegiatan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Uraian pada bab pertama laporan penelitian ini, antara lain meliputi latar belakang penelitian, tujuan penelitian, pembatasan masalah penelitian, metode penelitian, dan sistematika penelitian.

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi di dunia saat ini, maka semakin banyak pula alat yang diciptakan untuk mempermudah dan meefensiasikan waktu kerja manusia. Tidak hanya proses industri yang lekat dengan teknologi, dunia pendidikan, kesehatan, komunikasi, rumah tangga, dan penelitian juga memanfaatkan teknologi untuk mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan sesuai dengan bidangnya tersebut.

Banyak industri kecil dan menengah yang memproduksi makanan kurang mendapat perhatian dikarenakan perekonomian bangsa yang sedang tidak stabil dan harga minyak bumi yang semakin mahal membuat omset mereka berkurang. Karena jumlah produsen yang semakin berkurang maka produk-produk yang di tawarkan semakin mahal hingga produk-produk rumah tangga sekalipun. Adapun alat-alat rumah tangga, misalnya penggorengan.

Penggorengan memang sebuah alat yang praktis agar dapat menggoreng apa saja, tetapi tidak dengan masakan yang tebal dan besar atau dapat melebar dan membesar sewaktu di goreng. Contohnya adalah kerupuk Palembang. Banyak koki dari hotel-hotel ataupun restoran mewah sangat mudah memasak kerupuk ini dikarenakan mereka tahu temperatur yang akan digunakan sewaktu memasak, apakah itu kita memasaknya harus temperatur lebih rendah baru ke temperature lebih tinggi supaya panas yang dihasilkan merata keseluruh bagian dalam kerupuk

baru bagian luar kerupuk tersebut atau sebaliknya. Sering banyak kita jumpai orang-orang yang dapat memasak kerupuk Palembang dengan mudah, tetapi tidak dengan kenyataannya. Banyak yang menggoreng kerupuk itu tetapi tidak dapat mengembang besar dan matang secara keseluruhan. Dikarenakan temperatur yang tidak terkendali, sebenarnya semua orang bisa memasak kerupuk itu asalkan dapat membuat temperatur di dalam penggoreng itu terkendali dengan baik. Oleh karena itu saya disini sebagai penulis akan membuat sebuah alat penggorengan dengan temperatur yang terkendali dan juga lebih terjangkau harganya.

Alat ini dapat digunakan dalam proses pembuatan makanan pada rumah makan dan rumah tangga. Sistem yang terdapat pada alat ini berupa sistem pemanas. Selain itu akan ada keypad, sensor panas dan juga indicator untuk mengetahui proses pada alat ini. Sistem pemanas, sensor dan indicator akan terhubung dengan microcontroller dan akan diproses dan dikirim ke actuator sehingga didapat hasil yang diinginkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat alat penggoreng makanan elektrik dengan temperatur yang terkendali yang dapat diterapkan oleh industri-industri kecil maupun menengah serta semua kalangan masyarakat.

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini batasan masalah yang penulis ambil adalah difokuskan pada sistem mekanik dari penggorengan makanan elektrik dengan temperatur terkendali. Sehingga dalam hal ini proyek ditujukan pada proses yang berhubungan dengan perancangan mekanik dari alat tersebut yaitu sistem mekanik rangkaian sensor temperature dan tentunya rancang bangun dari alat tersebut.

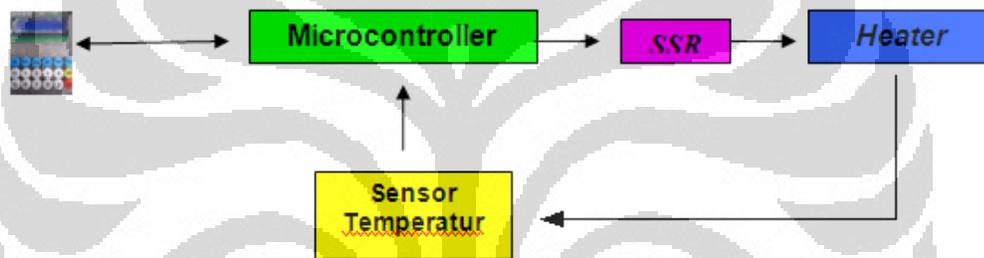
1.4 Deskripsi Singkat

Sebagai salah satu aplikasi teknologi pada bidang penelitian, pada tugas akhir ini dibuat “**rancang bangun pada penggoreng makanan dengan temperatur terkendali**” dengan maksud menekan pembiayaan dan memudahkan

pekerja dalam proses produksi sehingga proses kerja berjalan dengan mudah, aman, dan efisien. Hal tersebut dikarenakan pengontrolan kerja untuk kenaikan temperatur minyak hanya dilakukan dengan keypad.

Apabila ingin dihasilkan temperatur yang cukup tinggi, tombol temperature pada keypad ditekan dan diatur sesuai dengan keinginan. Maka akan terjadi proses pemanasan sesuai dengan temperature yang telah diatur sebelumnya. Hal tersebut disebabkan data dari keypad tersebut menginisialisasikan microcontroller yang bertindak sebagai pengendali. Perubahan temperatur pada minyak dapat dilihat pada display. Dan sensor menunjukkan temperatur yang akan diatur dan ditampilkan.

Keypad dan LCD



Gambar 1.1. Blok diagram pada sistem

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain:

1. Study Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Study literatur ini mengacu pada buku-buku pegangan, data sheet dari berbagai macam komponen yang dipergunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

2. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Berisi tentang proses perencanaan sistem baik hardware maupun software. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya. Pada bagian software akan dibahas program yang digunakan.

3. Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan *Software* penunjang untuk microcontroler dan pengolahan data. Dengan menggunakan *Software* ini memungkinkan kita untuk memanipulasi kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan.

4. Uji Sistem

Dari sistem yang dibuat maka dilakukan pengujian secara menyeluruh, dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

5. Pengambilan Data

Di sini alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu kesatuan sistem. Setelah itu dapat dilihat apakah perangkat keras dan lunak sudah dapat bekerja dengan benar ataukah masih dibutuhkan beberapa perbaikan. Jika alat sudah dapat bekerja dengan benar, maka dapat dilakukan pengumpulan data yang dianggap penting atau diinginkan.

6. Penulisan Hasil Penelitian

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

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu :

BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini yaitu mengenai pendahuluan yang berisikan antara lain: latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini.

BAB 2 Teori Dasar

Pada bab ini yaitu mengenai teori dasar berisikan tentang teori yang mendasari hal-hal yang berkaitan dengan tugas akhir ini yang didapatkan berdasarkan hasil studi literatur.

BAB 3 Perancangan dan Cara Kerja Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan keseluruhan sistem kerja dari mekanik sistem pengendalian temperatur ini.

BAB 4 Hasil Eksperimen dan Analisa Data

Pada bab ini akan membahas tentang hasil dan analisa yang telah diperoleh dalam perancangan dan pengujian terhadap alat ini baik kesalahan maupun kendala yang didapat.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisikan mengenai kesimpulan dari keseluruhan perancangan sistem hingga hasil penelitian yang didapat dan saran yang mungkin dapat digunakan untuk memperbaiki, menambahkan, ataupun memodifikasi alat yang sudah ada menjadi lebih baik.

BAB 2

TEORI DASAR

Pembahasan pada bab ini, lebih diorientasikan pada kajian teknis terhadap landasan teori yang digunakan penulis, sebagai bahan kajian dan referensi penelitian

2.1 Sensor Temperatur

AC. Srivastava, mengatakan temperatur merupakan salah satu dari empat besaran dasar yang diakui oleh Sistem Pengukuran Internasional (*The International Measuring System*). Lord Kelvin pada tahun 1848 mengusulkan skala temperature termodinamika pada suatu titik tetap *triple point*, dimana fase padat, cair dan uap berada bersama dalam equilibrium, angka ini adalah 273,16 °K (derajat Kelvin) yang juga merupakan titik es. Skala lain adalah Celcius, Fahrenheit dan Rankine dengan hubungan sebagai berikut:

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 \text{ }^{\circ}\text{C} + 32 \text{ atau}$$

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F}-32) \text{ atau}$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459,69$$

Yayan I.B, mengatakan temperatur adalah kondisi penting dari suatu substrat. Sedangkan “panas adalah salah satu bentuk energi yang diasosiasikan dengan aktifitas molekul-molekul dari suatu substrat”. Partikel dari suatu substrat diasumsikan selalu bergerak. Pergerakan partikel inilah yang kemudian dirasakan sebagai panas. Sedangkan temperatur adalah ukuran perbandingan dari panas tersebut.

Pergerakan partikel substrat dapat terjadi pada tiga dimensi benda yaitu:

1. Benda padat,
2. Benda cair dan
3. Benda gas (udara)

Aliran kalor substrat pada dimensi padat, cair dan gas dapat terjadi secara :

1. Konduksi, yaitu pengaliran panas melalui benda padat (penghantar) secara kontak langsung
2. Konveksi, yaitu pengaliran panas melalui media cair secara kontak langsung
3. Radiasi, yaitu pengaliran panas melalui media udara/gas secara kontak tidak langsung

2.1.1 Pemilihan Jenis Sensor Suhu

Hal-hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan pemilihan jenis sensor suhu adalah:

1. Level suhu maksimum dan minimum dari suatu substrat yang diukur.
2. Jangkauan (*range*) maksimum pengukuran
3. Konduktivitas kalor dari substrat
4. Respon waktu perubahan suhu dari substrat
5. Linieritas sensor
6. Jangkauan temperatur kerja

Selain dari ketentuan diatas, perlu juga diperhatikan aspek fisik dan kimia dari sensor seperti ketahanan terhadap korosi (karat), ketahanan terhadap guncangan, pengkabelan (instalasi), keamanan dan lain-lain.

Sensor atau transduser adalah suatu piranti yang dapat mengubah fenomena fisis menjadi arus atau tegangan listrik, yang diperlukan untuk suatu pengukuran kendali atau informasi. Beberapa parameter fisis tersebut seperti temperatur, aliran, tekanan, perpindahan, intensitas cahaya, dan medan magnet yang dapat diukur dengan menggunakan sensor tertentu.

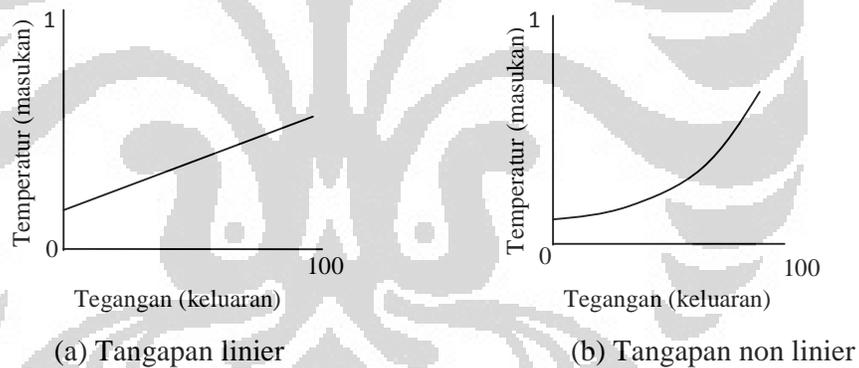
Sensor temperatur adalah suatu sensor yang mengkonversikan perubahan energi termal suatu objek menjadi energi listrik. Energi termal per molekul dari material dinyatakan dalam derajat temperatur tertentu. Skala yang biasanya dipakai untuk pengukuran suatu temperatur adalah skala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), skala Celcius ($^{\circ}\text{C}$), skala Kelvin (K), dan skala Rankine ($^{\circ}\text{R}$).

2.1.2 Peryaratan Umum Sensor atau Transduser

Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini :

a. Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinyu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik. Gambar 2.1 memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada gambar 2.1(a) memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada gambar 2.1(b) adalah tanggapan non-linier.



Gambar 2.1 Keluaran dari transduser panas [1]

b. Sensitivitas

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan”. Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat

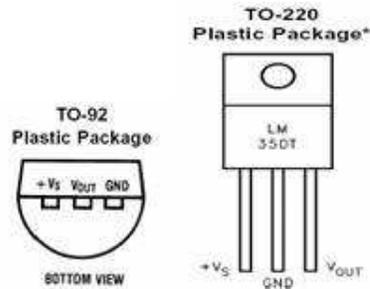
saja memiliki kepekaan “dua volt per derajat”, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linearitas sensor juga mempengaruhi sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan pada gambar 2.1(b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi dari pada temperatur yang rendah.

Pada aplikasi pendeteksian atau pengukuran tertentu, dapat dipilih salah satu tipe sensor dengan pertimbangan :

1. Penampilan (*Performance*), yaitu pada saat kita memilih sensor yang diinginkan maka penampilan sensor tersebut harus bagus atau tidaklah rusak dengan kata lain tidak ada yang patah atau bengkok pada sensor itu.
2. Keandalan (*Reliable*), yaitu dapat bekerja dengan baik pada saat kita memakai sensor tersebut dengan kata lain tegangan yang dihasilkan dari sensor tersebut sesuai dengan yang diinginkan.
3. Faktor ekonomis (*Economic*), yaitu pada saat kita memilih sensor haruslah mempertimbangkan harga yang sesuai dengan keadaan keuangan kita.

2.1.3 Sensor LM35 [4]

LM 35 ialah sensor temperatur paling banyak digunakan untuk praktek, karena selain harganya cukup murah, linearitasnya lumayan bagus. 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 $+150^{\circ}\text{C}$. LM35 dimaksudkan untuk beroperasi pada -55° hingga $+150^{\circ}\text{C}$, sedangkan LM35C pada -40°C hingga $+110^{\circ}\text{C}$, dan LM35D pada kisaran $0-100^{\circ}\text{C}$. LM35D juga tersedia pada paket 8 kaki dan paket TO-220. Sensor LM35 umumnya akan naik sebesar 10mV setiap kenaikan 1°C (300mV pada 30°C).



Gambar 2.2 Bentuk Fisik LM35 [4]

Jika kita ingin standar pengukuran dalam Fahrenheit, maka dapat menggunakan sensor bertipe LM34A yang mempunyai kisaran pengukuran dari -50F hingga 300F dengan akurasi $\pm 2.0F$. Skala outputnya juga sama yaitu 10mV/F. Berikut contoh sensor suhu menggunakan PPI 8255, ADC 0804 dengan mode free running dan output Vout dihubungkan ke pin 6 ADC0804. Pada ADC dikenal dengan istilah Free Running dan Mode control. Mode Free Running adalah, dimana ADC0804 akan mengeluarkan data hasil pembacaan input secara otomatis dan berkelanjutan (*continue*) setelah selesai mengkonversi tegangan analog ke digital. Pin INTR akan berlogika rendah setelah ADC selesai mengkonversi, logika ini dihubungkan kepada masukkan WR untuk memerintahkan ADC memulai konversi kembali.

2.1.4 Thermocouple

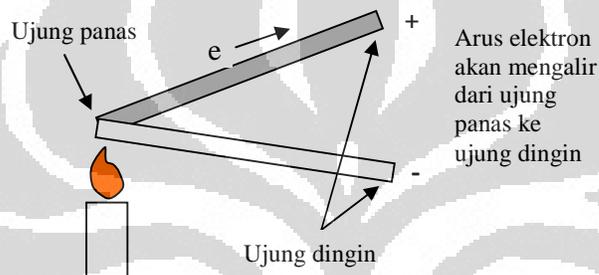
Temperatur adalah satu dari besaran fisika yang terpenting. Alat yang dapat merubah besaran fisis ke besaran yang bersifat listrik. Temperatur didefinisikan sebagai ukuran relatif dari kondisi termal yang dimiliki suatu benda. Alat pengukur temperatur dinamakan termometer.

Sensor temperatur adalah suatu transducer yang menangkap perubahan temperatur menjadi suatu besaran fisika lain, seperti tegangan atau arus. Sensor temperatur yang digunakan dalam alat ini salah satunya adalah *thermocouple*.

Thermocouple adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan panas dalam benda yang diukur temperaturnya menjadi perubahan potensial atau tegangan listrik. *Thermocouple* yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur

temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C. [7]

Pembuatan *thermocouple* didasarkan atas sifat thermal bahan logam. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka pada ujung tersebut elektron-elektron dalam logam akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling desak dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan. Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif.



Gambar 2.3 Arah gerak electron jika logam dipanaskan

Kepadatan electron untuk setiap bahan logam berbeda tergantung dari jenis logam. Jika dua batang logam disatukan salah satu ujungnya, dan kemudian dipanaskan, maka elektron dari batang logam yang memiliki kepadatan tinggi akan bergerak ke batang yang kepadatan elektronnya rendah, dengan demikian terjadilah perbedaan tegangan diantara ujung kedua batang logam yang tidak disatukan atau dipanaskan.

2.1.4.1 Cara Kerja *Thermocouple*

Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa sebuah konduktor (semacam logam) yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. [7] Hal ini disebut sebagai efek termoelektrik. Untuk mengukur perubahan panas ini gabungan dua macam konduktor sekaligus sering dipakai pada ujung benda panas yang diukur. Konduktor tambahan ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu,

dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Menggunakan logam yang berbeda untuk melengkapi sirkuit akan menghasilkan tegangan yang berbeda, meninggalkan perbedaan kecil tegangan memungkinkan kita melakukan pengukuran, yang bertambah sesuai temperatur. Perbedaan ini umumnya berkisar antara 1 hingga 70 microvolt tiap derajat celcius untuk kisaran yang dihasilkan kombinasi logam modern. Beberapa kombinasi menjadi populer sebagai standar industri, dilihat dari biaya, ketersediaanya, kemudahan, titik lebur, kemampuan kimia, stabilitas, dan hasil. Sangat penting diingat bahwa *Thermocouple* mengukur perbedaan temperatur di antara 2 titik, bukan temperatur absolut.

Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran. *Thermocouple* dapat dihubungkan secara seri satu sama lain untuk membuat termopile, dimana tiap sambungan yang panas diarahkan ke suhu yang lebih tinggi dan semua sambungan dingin ke suhu yang lebih rendah. Dengan begitu, tegangan pada setiap *Thermocouple* menjadi naik, yang memungkinkan untuk digunakan pada tegangan yang lebih tinggi. Dengan adanya suhu tetapan pada sambungan dingin, yang berguna untuk pengukuran di laboratorium, secara sederhana *Thermocouple* tidak mudah dipakai untuk kebanyakan indikasi sambungan langsung dan instrumen kontrol. Mereka menambahkan sambungan dingin tiruan ke sirkuit mereka yaitu peralatan lain yang sensitif terhadap suhu (seperti termistor atau dioda) untuk mengukur suhu sambungan input pada peralatan, dengan tujuan khusus untuk mengurangi gradiasi suhu di antara ujung-ujungnya. Di sini, tegangan yang berasal dari hubungan dingin yang diketahui dapat disimulasikan, dan koreksi yang baik dapat diaplikasikan. Hal ini dikenal dengan kompensasi hubungan dingin. Biasanya *Thermocouple* dihubungkan dengan alat indikasi oleh kawat yang disebut kabel ekstensi atau kompensasi. Tujuannya sudah jelas. Kabel ekstensi menggunakan kawat-kawat dengan jumlah yang sama dengan konduktor yang dipakai pada *Thermocouple* itu sendiri. Kabel-kabel ini lebih murah daripada kabel *Thermocouple*, walaupun tidak terlalu murah, dan biasanya diproduksi pada bentuk yang tepat untuk pengangkutan jarak jauh – umumnya sebagai kawat tertutup fleksibel atau kabel multi inti. Kabel-

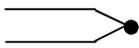
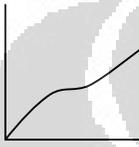
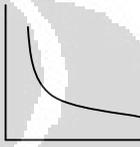
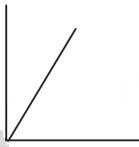
kabel ini biasanya memiliki spesifikasi untuk rentang suhu yang lebih besar dari kabel *Thermocouple*. Kabel ini direkomendasikan untuk keakuratan tinggi. Kabel kompensasi pada sisi lain, kurang presisi, tetapi murah. Mereka memakai perbedaan kecil, biasanya campuran material konduktor yang murah yang memiliki koefisien termoelektrik yang sama dengan *Thermocouple* (bekerja pada rentang suhu terbatas), dengan hasil yang tidak seakurat kabel ekstensi. Kombinasi ini menghasilkan output yang mirip dengan *Thermocouple*, tetapi operasi rentang suhu pada kabel kompensasi dibatasi untuk menjaga agar kesalahan yang diperoleh kecil. Kabel ekstensi atau kompensasi harus dipilih sesuai kebutuhan *Thermocouple*. Pemilihan ini menghasilkan tegangan yang proporsional terhadap beda suhu antara sambungan panas dan dingin, dan kutub harus dihubungkan dengan benar sehingga tegangan tambahan ditambahkan pada tegangan *Thermocouple*, menggantikan perbedaan suhu antara sambungan panas dan dingin.

2.1.4.2 Temperatur Kerja Sensor

Setiap sensor suhu memiliki temperatur kerja yang berbeda, untuk pengukuran suhu disekitar kamar yaitu antara -35°C sampai 150°C , dapat dipilih sensor NTC, PTC, transistor, dioda dan IC hibrid. Untuk suhu menengah yaitu antara 150°C sampai 700°C , dapat dipilih *Thermocouple* dan RTD. Untuk suhu yang lebih tinggi sampai 1500°C , tidak memungkinkan lagi dipergunakan sensor-sensor kontak langsung, maka teknis pengukurannya dilakukan menggunakan cara radiasi. Untuk pengukuran suhu pada daerah sangat dingin dibawah $65\text{K} = -208^{\circ}\text{C}$ ($0^{\circ}\text{C} = 273,16\text{K}$) dapat digunakan resistor karbon biasa karena pada suhu ini karbon berlaku seperti semikonduktor. Untuk suhu antara 65K sampai -35°C dapat digunakan kristal silikon dengan kemurnian tinggi sebagai sensor. [7]

Pada setiap sensor temperatur memiliki karakteristik yang berbeda-beda, dari mulai *thermocouple*, RTD, Thermistor dan juga IC sensor. Dibawah ini adalah perbandingan karakteristik pada setiap sensor temperatur:

Tabel 2.1 Karakteristik sensor temperatur [7]

	<i>Thermocouple</i>	RTD	Thermistor	IC Sensor
				
	V	R	R	V, I
				
	T	T	T	T
kekuatan	<ul style="list-style-type: none"> - self powered - sederhana - kasar - murah - banyak macamnya - range suhu luas 	<ul style="list-style-type: none"> - paling stabil - paling akurat - lebih linier daripada thermocouple 	<ul style="list-style-type: none"> - output tinggi - cepat - mengukur ohms dua kawat 	<ul style="list-style-type: none"> - paling linear - output paling tinggi - murah
kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> - tidak linear - tegangan rendah - memerlukan referensi - kurang stabil - kurang sensitif 	<ul style="list-style-type: none"> - mahal - memerlukan suplay daya - ΔR kecil - Tahanan absolute rendah - self heating 	<ul style="list-style-type: none"> - tidak linier - range suhu terbatas - rentan - memerlukan suplay daya - self heating 	<ul style="list-style-type: none"> - $T < 200^{\circ}\text{C}$ - memerlukan suplay daya - lambat - self heating - konfigurasi terbatas

2.1.4.3 Penggunaan *Thermocouple*

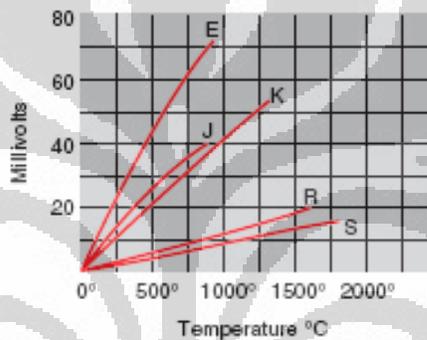
Contoh penggunaan *Thermocouple* yang umum antara lain :

1. Industri besi dan baja
2. Pengaman pada alat-alat pemanas
3. Untuk termopile sensor radiasi
4. Pembangkit listrik tenaga panas radioisotop, salah satu aplikasi termopile.

Dalam pembuatan alat ini menggunakan termokopel tipe K, dimana termokopel tipe K ini memiliki karakteristik tersendiri yaitu :

- a. Terbuat dari bahan Chromel (Ni-Cr) dan Alumel (Ni-Al)
- b. Aktif pada suhu $-200^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$
- c. Sensitivitasnya pada 25°C adalah $40,6\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$

Berikut adalah respon tegangan keluaran thermocouple terhadap temperature berdasarkan tipe thermocouple.



Gambar 2.4 Grafik Respon *Thermocouple* [7]

2.1.4.4 Tipe-Tipe *Thermocouple* [7]

Tersedia beberapa jenis *Thermocouple*, tergantung aplikasi penggunaannya :

1. Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy))
Thermocouple untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu -200°C hingga $+1200^{\circ}\text{C}$.
2. Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)). Tipe E memiliki output yang besar ($68 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.
3. Tipe J (Iron / Constantan) Rentangnya terbatas (-40 hingga $+750^{\circ}\text{C}$) membuatnya kurang populer dibanding tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $52 \mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
4. Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)) Stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran

suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas 1200 °C. Sensitifitasnya sekitar 39 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ pada 900°C, sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.

5. *Thermocouple* tipe B, R, dan S adalah *Thermocouple* logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah *Thermocouple* yang paling stabil, tetapi karena sensitifitasnya rendah (sekitar 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi (>300 °C).
6. Tipe B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh) Cocok mengukur suhu di atas 1800 °C. Tipe B memberi output yang sama pada suhu 0°C hingga 42°C sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu 50°C.
7. Tipe R (Platinum /Platinum with 7% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.
8. Tipe S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C).
9. Tipe T (Copper / Constantan) Cocok untuk pengukuran antara -200 to 350 °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Tipe T memiliki sensitifitas 43 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

2.1.4.5 Perbandingan Jenis *Thermocouple*

Thermocouple terdiri dari beberapa jenis, dan yang pasti setiap jenis *Thermocouple* mempunyai temperatur range yang berbeda atau memiliki rentang suhu berbeda pada setiap kegunaan masing-masing *Thermocouple*.

Dibawah ini merupakan perbandingan suhu di antara jenis-jenis *Thermocouple*:

Tabel 2.2 Tabel perbandingan temperatur pada jenis-jenis *Thermocouple* [7]

Sensor	Temperatur Range (°C)	Temperatur Range(°F)
Type K Thermocouple	-200 to 1250	-328 to 2282
Type J Thermocouple	0 to 750	32 to 1382
Type T Thermocouple	-200 to 350	-328 to 662
Type E Thermocouple	-200 to 900	-328 to 1652
Pt 100 RTD	-200 to 850	-328 to 1562
IC Sensor	-40 to 200	-40 to 392
Thermistor	-40 to 125	-40 to 257

2.2 Heater

Heater adalah suatu alat yang digunakan untuk memancarkan panas atau suatu alat yang digunakan untuk mencapai temperatur yang lebih tinggi. Didalam istilah elektronika, *heater* adalah kumpulan dari kawat serabut yang terdapat didalam ruang hampa udara yang berfungsi untuk memanaskan katode didalam suatu termisi emisi electron. [2]

Element dari heter jenis ini kebanyakan memakai konstruksi dari sebuah emisi api atau filament elektrik panas sebaai pemancarnya. Jika sebuah operasi elektrik infra red heater digunakan, filament biasanya akan melindungi dari sebuah resistansi panas. Material yang banyak digunakan pada heater jenis ini adalah kawat yang berpelindung, alternatif temperatur rendah dari kawat adalah karbon, campuran dari besi, khromium, aluminium. Industri infrared heater terkadang menggunakan sebuah pelapis emas dalam pipa kwarsa. Emas digunakan karena hambatan oksidasinya sangat tinggi mencapai 95%.

Heater dapat digunakan sebagai pemanas langsung yang dapat mengakibatkan reaksi-reaksi tertentu. Misalnya, di bidang industri kimia atau untuk menghasilkan panas dalam reaksi kimia untuk proses seperti memecah.

Sumber energi yang paling umum digunakan untuk pemanasan air adalah bahan bakar fosil : gas alam, minyak tanah yang dicairkan dengan memasang gas, meminyaki atau kadang-kadang bahan bakar padat. Bahan bakar ini dapat

dikonsumsi secara langsung atau dengan sistem elektronika. Alternatif bahan bakar seperti *solar energy*, *heat pumps*, air panas yang telah didaur ulang, dan energi geothermal biasanya digunakan sebagai tenaga cadangan dan dapat dikombinasikan dengan gas, listrik atau minyak.

Tabel 2.3 Jenis-jenis Heater [2]

Jenis Heater	Sifat Benda yang Dipanaskan	Memaskan / Membuat
Tubular Straight, Multiform	Padat	Direkatkan pada dies, moulds, heat sealing tools, dll.
Tubular Straight, Multiform	Cair	Air, minyak, plating, aspal, garam, wax, paraffin, dll
Tubular	Permukaan benda Padat	Drying, baking, kain, plastic, makanan, ruangan, metal, resin, dll.
Immersion Heater	Cair	Air, minyak, plating, aspal, garam, wax, paraffin, dll
Finned Heater	Gas	Menghangatkan oven, ruangan, mengeringkan, duct udara, dll.
In - Line	Cair, Gas	Air, menaikkan temperature ketel, memanaskan minyak sebelum dike;uarkan ke mesin burner, dll.

2.3 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 pada 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. Pada pembakaran 1 kg minyak akan terbebas kira-kira 45 MJ. [2]

Kalor mengalir dengan sendirinya dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Akan tetapi, gaya dorong untuk aliran ini adalah perbedaan suhu. 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.

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak musnah yaitu seperti hukum asas yang lain, contohnya hukum kekekalan masa dan momentum, ini artinya kalor tidak hilang. Energi hanya berubah bentuk dari bentuk yang pertama ke bentuk yang ke dua. Bila diperhatikan misalnya jumlah energi kalor api unggun kayu yang ditumpukkan, semua ini menyimpan sejumlah energi dalam yang ditandai dengan kuantitas yang lazim disebut muatan kalor bahan. Apabila api dinyalakan, energi termal yang tersimpan di dalam bahan tadi akan bertukar menjadi energi kalor yang dapat kita rasakan. Energi kalor ini mengalir

jika terdapat suatu perbedaan suhu. Bila diperhatikan sebatang logam yang dicelupkan ke dalam suatu tangki yang berisi air kalor. Karena suhu awal logam ialah T_1 dan suhu air ialah T_2 , dengan $T_2 \gg T_1$, maka logam dikatakan lebih dingin daripada air. Hal yang penting dalam sistem yang terdiri dari air dan logam ialah adanya suatu perbedaan suhu yang nyata yaitu $(T_2 - T_1)$. [2]

Kalor dapat terjadi dengan tiga macam cara yaitu:

1. Pancaran, sering juga dinamakan radiasi.
2. Hantaran, sering juga disebut konduksi.
3. Aliran, sering juga disebut konveksi.

2.3.1 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi dapat dikelompokkan kepada dua bagian:

1. Konveksi bebas/alamiah
 - Contohnya adalah pemanasan aliran udara yang melalui radiator, pemanasan air dalam ketel.
 - Fluida panas yang menerima panas akan naik ke atas, kekosongan tempat massa fluida yang telah naik diisi oleh massa fluida yang bersuhu rendah.
 - Aliran fluida terjadi akibat perbedaan densitas, dan perbedaan densitas akibat adanya gradien suhu di dalam massa fluida itu.
2. Konveksi paksa
 - Jika aliran fluida digerakkan oleh piranti mekanik seperti pompa dan pengaduk.
 - Aliran/perpindahan panas tidak bergantung pada gradien densitas.
 - Contohnya aliran kalor melalui pipa panas.

2.4 SOLID STATE RELAY (SSR)

SSR merupakan aplikasi pada pengisolasian rangkaian control tegangan rendah dari rangkaian beban daya tinggi. SSR adalah sebuah saklar elektrik, tidak seperti saklar elektromekanik, SSR tidak memiliki bagian yang bergerak. Ada beberapa tipe SSR yaitu *photo coupled SSR*, *transformer coupled SSR* dan *hybrid SSR*. *Photo coupled SSR* dikendalikan oleh sinyal tegangan *low*. Rangkaian internal tidak akan diperlihatkan dan hanya hubungan input dan output pada SSR tersebut.

2.4.1 OPERASI

Tegangan yang digunakan pada rangkaian SSR mengakibatkan LED menyinari *photo-sensitive* dioda. Hal ini akan menghasilkan tegangan diantara MOSFET dengan *gate* dan mengakibatkan MOSFET dalam kondisi *on*. SSR terdiri dari MOSFET tunggal atau yang terdiri dari beberapa MOSFET. Solid state relay dapat digunakan untuk mengontrol beban ac atau dc. Tegangan kontrol untuk SSR dapat arus searah atau bolak-balik, dan biasanya berkisar antara 3 sampai 32 volt untuk versi dc dan 80 sampai 280 volt untuk versi ac. Ampere rangkaian beban maksimum mencapai 50 A.

2.4.2 KEUNTUNGAN SSR

- SSR Lebih cepat dari saklar elektromekanik. Waktu untuk perubahan kondisi tergantung waktu yang diinginkan
- Lebih awet, karena tidak ada bagian yang bergerak secara mekanik.
- Lebih bersih.
- Mengurangi noise elektrik ketika berubah kondisi.
- Dapat digunakan pada lingkungan yang tidak boleh terjadi bunga api.
- Sunyi dalam perubahan kondisi.
- Lebih kecil dari saklar mekanik yang saling berhubungan.

2.4.3 KERUGIAN SSR

- Lebih mudah rusak ketika terjadi hubungan pendek.
- Menambah noise elektrik ketika terjadi konduktansi.
- Sewaktu kondisi *close*, impedansi lebih besar akibatnya akan menghasilkan panas.
- Sewaktu kondisi *open*, impedansinya lebih kecil.
- Terjadi kebocoran arus balik sewaktu kondisi *open*.
- Kemungkinan adanya kegagalan berubah kondisi ketika waktu tegangannya singkat.
- Lebih mahal harganya dibandingkan saklar elektromekanik.



BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing *hardware* yang digunakan penulis dalam penyusunan alat rancang bangun penggorengan makanan dengan temperatur terkendali.

3.1 Perancangan *Hardware*

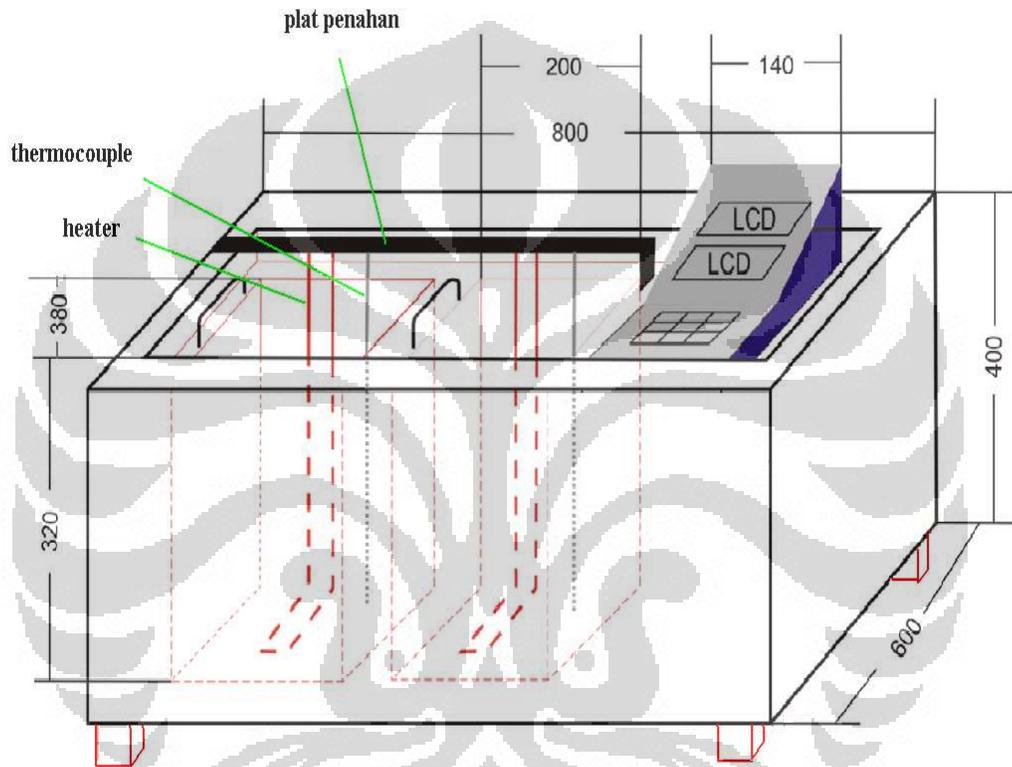
Pada alat ini, penulis menggunakan bahan stainless steel untuk membuat bak. Alasan menggunakan stainless steel disini adalah karena bahan tersebut dapat menahan panas yang cukup tinggi yaitu kira-kira sampai 1000 °C dan juga stainless steel juga tahan terhadap bahan-bahan kimia. selain itu stainless steel juga anti karat sehingga kita tidak perlu khawatir akan rusaknya mekanik tersebut. Kelemahan dari penggunaan stainless steel adalah biaya yang diperlukan cukup mahal. Apa lagi untuk stainless steel tipe – tipe yang biasa digunakan sebagai peralatan laboratorium Kimia.

Dan stainless steel itu adalah bahan yang sangat baik untuk meresap panas jadi untuk menghindari aliran panas yang dihasilkan oleh heater keluar, maka penulis membuat suatu lapisan tahan panas yang terbuat dari bahan glasswol. Adapun gambar dibawah ini adalah gambar keseluruhan dari alat yang penulis buat.

Rancangan sistem penelitian ini mempunyai suatu kerja di dalam sistem tersebut dan dibuatlah rancangan dari kerja sistem tersebut dalam suatu blok diagram agar dapat mempermudah cara kerja dari dari sistem kerja tersebut. Blok diagram tersebut dapat dilihat pada gambar 1.1.

3.1.1 Perancangan Mekanik

Untuk membuat alat ini banyak hal yang harus diperhatikan. Karena mengingat tujuan alat ini adalah untuk menggoreng. Jadi, bahan-bahan yang digunakan harus tahan dengan panas dan tidak bereaksi dengan bahan kimia. Berikut ini adalah Perancangan mekanik yang dibuat penulis sebelum melakukan pembuatan mekanik dari alat ini:



Gambar 3.1 Perancangan mekanik

Setelah membuat *design* atau contoh bentuk dari mekanik ini maka penulis memutuskan untuk membuat bak dengan menggunakan bahan *stainless*. Bahan tersebut dipilih karena tahan terhadap panas dan bahan kimia. Bak ini juga memiliki ukuran yang cukup besar, hal ini dikarenakan untuk membuat suatu sistem temperatur yang terkendali maka dibutuhkan suatu alat yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi. Bak dalam dari alat ini memiliki ukuran:

panjang = 38cm
lebar = 20cm

tinggi = 32cm.

Sedangkan untuk bak pada bagian luar digunakan bahan besi dengan ukuran:

panjang = 80cm

lebar = 60cm

tinggi = 40cm.

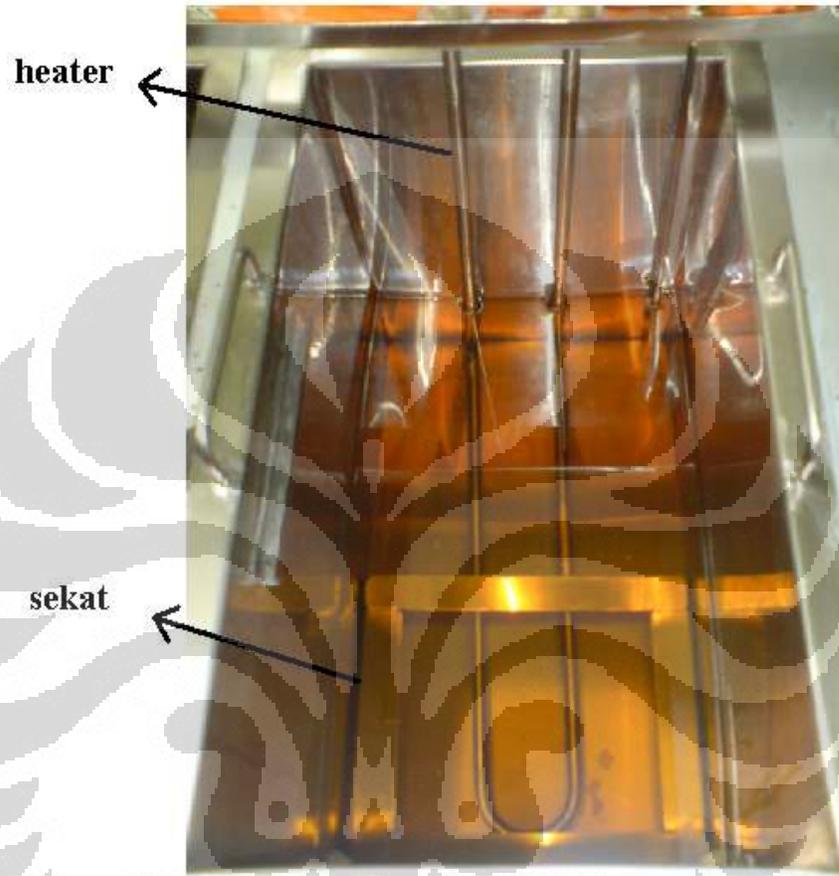
Agar panas tidak keluar dari sekeliling bak, maka dibutuhkan sebuah isolator panas. Oleh karena itu, penulis menggunakan *glasswol* pada keliling bak dalam dan *glasswol* menjadi pembatas antara bak dalam dan bak luar. *glasswol* diberi sebanyak 5cm pada keliling bak. Dan karena alat ini menggunakan minyak untuk menggoreng, jadi tempat untuk keypad dan LCD dipakai box untuk menyimpan semua rangkaian untuk alat tersebut serta dipasang lebih tinggi dari bak untuk tempat menggoreng karena takut akan terkena minyak ataupun uap panas dari minyak tersebut. Karena takut akan terkena uap panas dari minyak, perancangan dari mekanik tersebut ditambahkan dengan menambahkan tutup untuk keypad dan LCD. Untuk LCD digunakan akrilik yang bening dan untuk keypad digunakan bahan stainless dan dipasangkan engsel dibagian kanan agar dapat dibuka pada saat ingin mengatur alat tersebut.

3.1.2 Heater

Pada alat ini, digunakan 2 buah *heater*. Pada masing-masing *heater* yang digunakan memiliki tegangan 1500watt, karena *heater* disini untuk memanaskan minyak maka digunakan jenis *heater* Tubular Straight. Pada alat ini, *heater* yang digunakan berbentuk seperti huruf L. *Heater* tersebut diletakkan disamping kiri dari Thermocouple dengan jarak 5cm. Untuk menahan *heater*, maka digunakan *stainless* sebagai penyangga pada ujung dari *heater* tersebut. Untuk menyalakan *heater* ini digunakan alat bantu *Solid State Relay* (SSR) yang berfungsi untuk mengatur daya yang akan dikeluarkan oleh *heater* sehingga temperatur dapat dikendalikan.

Dan diantara basket atau tempat untuk menggoreng bahan makanan dengan *heater* diberi sebuah sekat untuk tidak dapat bergesekan antara *heater* dengan basket untuk menggoreng. Karena jika basket penggoreng ini bergesekan atau

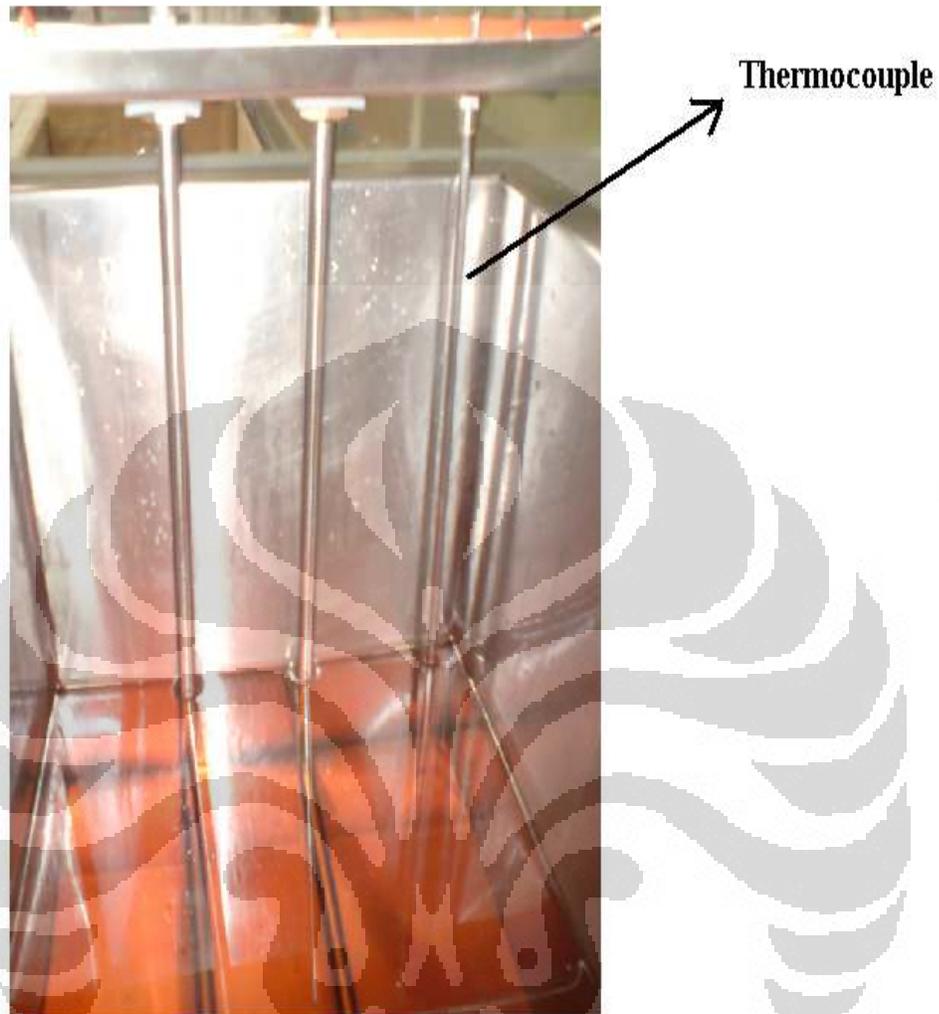
menyentuh heater, maka basket tersebut akan mengalami konduksi panas atau rambatan panas secara langsung dengan heater yang memiliki tegangan sampai 1500 watt.



Gambar 3.2 Heater dan Sekat

3.1.3 Thermocouple

Thermocouple yang digunakan pada alat ini adalah *Thermocouple* tipe K, dimana *thermocouple* tipe K memiliki rentang suhu antara $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. *Thermocouple* diletakkan diantara *heater* dengan jarak 5cm di samping kanan *heater*. Panjang dari *Thermocouple* tersebut adalah 30cm dan memiliki kabel dengan panjang 90cm pada bak 1 dan 80cm pada bak 2. *Thermocouple* ini dihubungkan dengan microcontroller untuk kemudian digunakan sebagai termometer digital.



Gambar 3.3 *Thermocouple* yang digunakan

Cara kerja dari alat ini adalah ini ketika power dinyalakan maka keypad akan menunggu hingga mendapatkan perintah untuk mengatur set point sesuai dengan temperatur yang diinginkan. Kemudian microcontroller akan memberikan perintah ke relay untuk mengeluarkan daya sesuai dengan yang diminta, sehingga *heater* hanya mengeluarkan daya sesuai dengan permintaan relay, karena daya telah diberikan pengendalian maka nilai temperatur hampir sama dengan nilai set point.

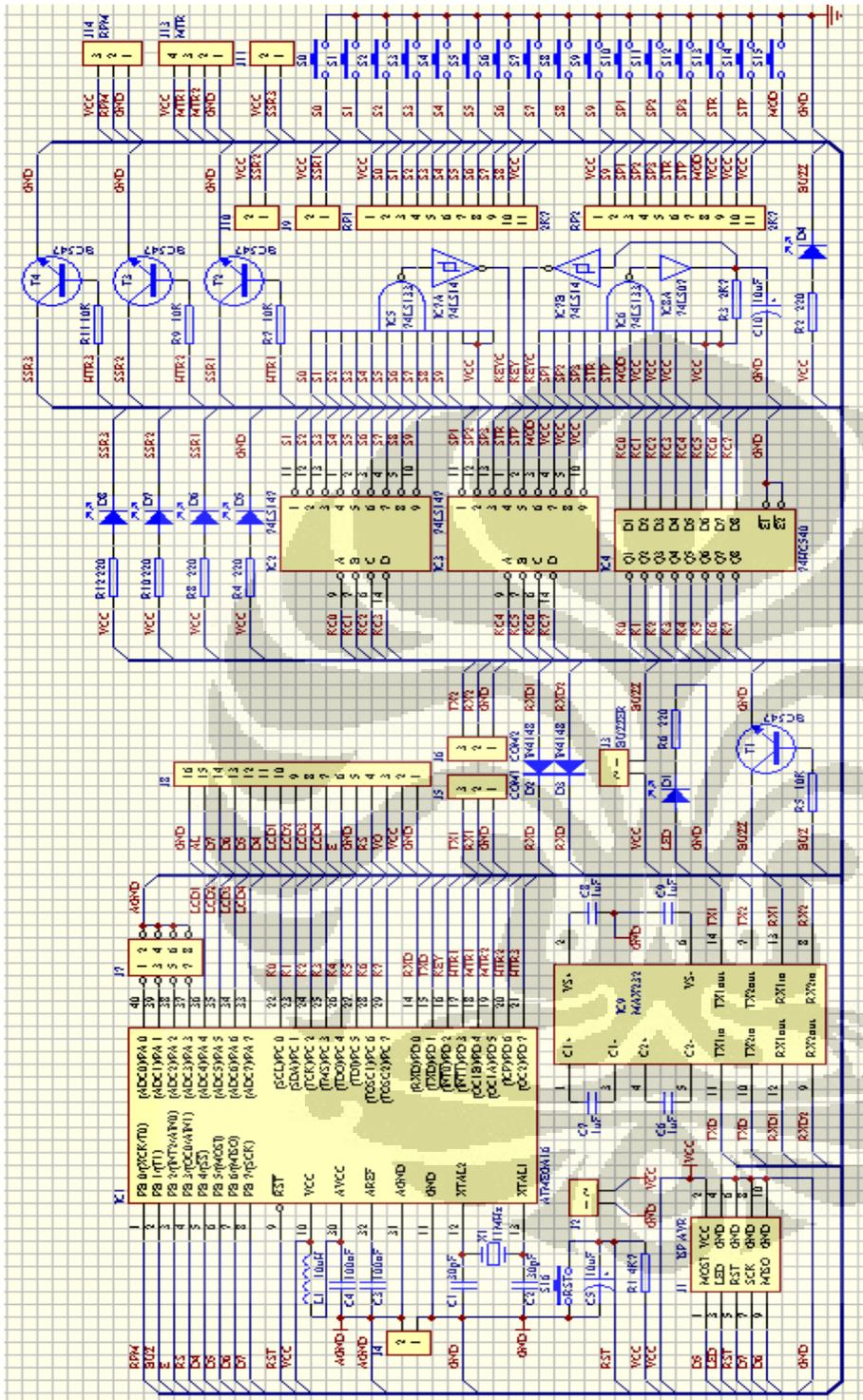
3.2 Cara Kerja Sistem

Pada alat ini, penulis menggunakan mikrokontroler sebagai alat untuk mengatur set point temperatur pada minyak dan daya yang terdapat pada heater akan diatur oleh Solid State Relay (SSR). Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu adalah *Thermocouple* yang nantinya akan ditampilkan dalam LCD.

3.2.1 Rangkaian Minimum Sistem

Mikrokontroler adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: Alamat (*address*), Data, Pengendali, Memori (*RAM* atau *ROM*), dan bagian *input-Output*. 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. Mempunyai 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.

Rangkaian minimum sistem yang digunakan penulis pada tugas akhir ini yaitu menggunakan mikrokontroler AVR. Rancangan rangkaian minimum sistem ini sebagai berikut :



Gambar 3.4 Rangkaian Minimum Sistem

3.2.2 Rangkaian *Thermocouple*

Thermocouple merupakan sensor termal yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperatur/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. *Thermocouple* ini hanya memerlukan satu sumber energi (*self generating transducer*) dimana dapat menghasilkan suatu energi listrik secara langsung sehingga berperan sebagai sumber tegangan.

Thermocouple pada tugas akhir ini mempunyai dua buah kabel dengan bahan material yang berbeda satu sama lainnya. *Thermocouple* pada alat ini yaitu untuk mendeteksi temperatur pada minyak didalam bak. Rangkaian ini menggunakan sebuah sensor yaitu LM35. Sensor ini kemudian dari sebuah *Thermocouple* ini *output* tegangan akan masuk ke dalam rangkaian pengkondisi sinyal yang berupa penguat *op-amp*. Pada penguat *op-amp* disini menggunakan TL082 dan TL081.

3.2.2.1 Kalibrasi *Thermocouple*

Termokopel sebelum digunakan perlu di kalibrasi terlebih dahulu. Agar mendapat nilai yang diinginkan, oleh karena itu, *thermocouple* ini menggunakan rangkaian cold junction untuk dapat mengkalibrasinya.

Yang pertama dilakukan adalah melihat suhu yang terdapat pada ruangan, setelah itu melihat suhu pada titik didih minyak. Dan suhu yang terukur pada ruangan adalah sebesar 30°C dan suhu titik didih minyak adalah sebesar 200°C. Setelah itu antara suhu titik didih minyak dikurangi dengan suhu ruangan dan didapatkan 170°C. dan barulah mengatur offset nul pada vr2, vr4 hingga keluaran pada ic tlo81 adalah nol. Dan J1&J4 dihubung singkat dengan kabel agar ouput tidak berosilasi. J3&J6 dihubungkan dengan jumper harddisk lalu atur keluaran dengan memutar VR1 dan VR3 agar keluaran sama dengan suhu yang diukur. Untuk rumusan pengukuran yang digunakan adalah

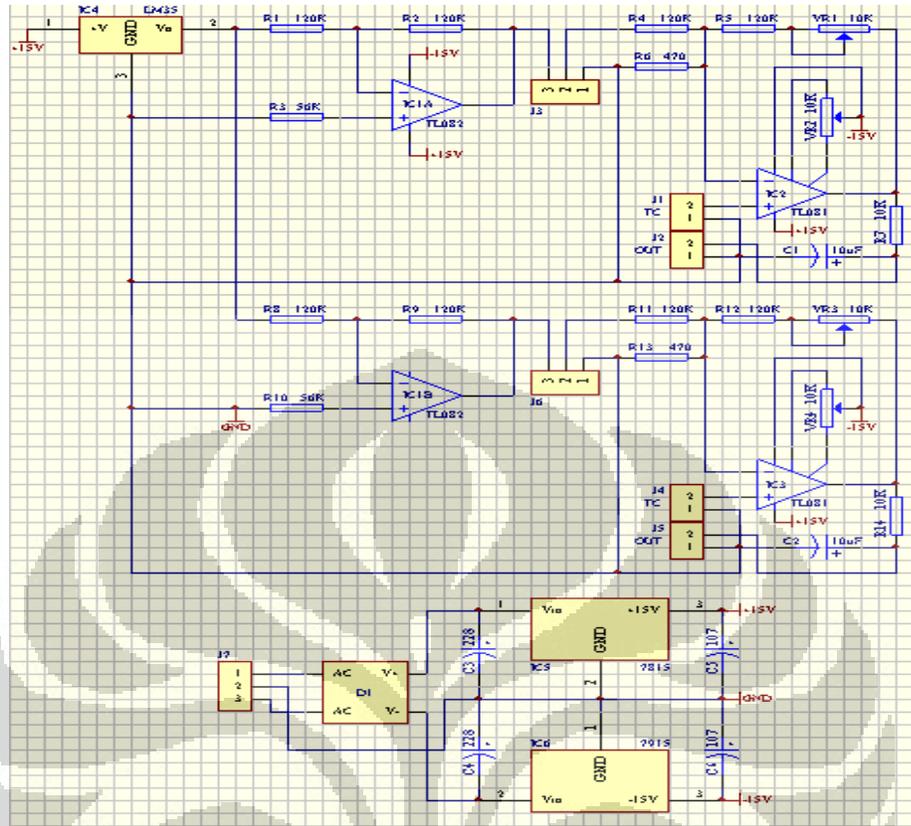
$$(T2-T1) \times 10\text{mv}^1 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

T2= suhu benda yang akan diukur

T1= suhu ruang

¹ Keluaran dari LM35 yaitu sebesar 10mv/°C



Gambar 3.5 Rangkaian *Thermocouple*

Telah disebutkan sebelumnya bahwa, rangkaian pengkondisi sinyal ini menggunakan rangkaian komparator *op-amp*. Rangkaian ini berfungsi untuk membandingkan suhu atau temperatur yang dihasilkan oleh *Thermocouple* dalam bak. setelah data-data temperatur tersebut diolah oleh rangkaian pengkondisi sinyal ini maka *output* dari rangkaian ini akan diolah oleh mikrokontroler melalui port ADC pada mikrokontroler tersebut. Semakin tinggi temperatur pada bak yang akan ditangkap oleh *Thermocouple* maka semakin besar tegangan yang dihasilkan.

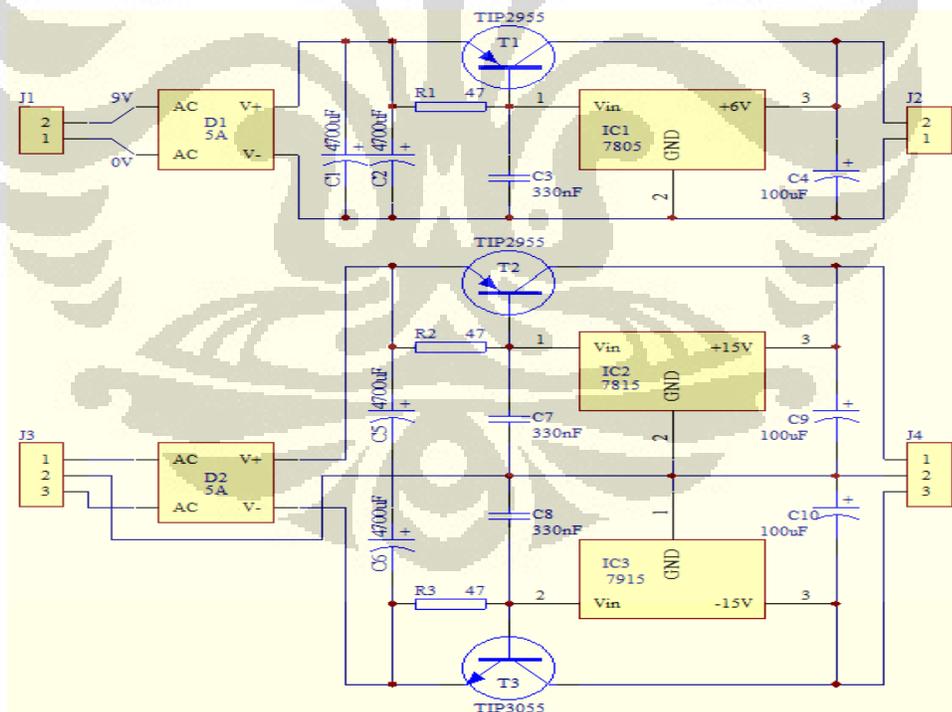
3.2.3 Rangkaian *Power Supply*

Rangkaian yang digunakan pada pembuatan tugas akhir ini mempunyai 2 buah *supply*, yakni *supply* tegangan 5V dan $\pm 15V$. Sumber tegangan 5V digunakan sebagai *supply* untuk rangkaian *digital* serta mikrokontroler. Sedangkan sumber tegangan $\pm 15V$ digunakan sebagai *supply* untuk rangkaian *analog*.

Pada rangkaian tegangan 5V, menggunakan rangkaian 7805 sebagai penghasil tegangan 5V. Rangkaian ini menggunakan 1 jenis transistor TIP 2955 sebagai penambah daya *output*. Rangkaian ini pun menggunakan sebuah *bridge* untuk mengubah tegangan AC menjadi DC. Sumber untuk rangkaian ini menggunakan trafo 9V.

Pada rangkaian tegangan $\pm 15V$, menggunakan rangkaian 7815 serta 7915 sebagai penghasil tegangan $\pm 15V$. Untuk penghasil 15V menggunakan 7915 sedangkan sebagai penghasil $- 15V$ menggunakan 7915. Rangkaian ini menggunakan 2 buah jenis transistor TIP yakni TIP 2955 serta TIP 3055, kedua jenis transistor ini mempunyai fungsi yang sama sebagai penambah daya pada tegangan *output*. Hanya saja kedua transistor ini berbeda pada polarisasinya yakni TIP 2955 yaitu NPN sedangkan TIP 3055 yaitu PNP. Rangkaian ini pun menggunakan sebuah *bridge* sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC.

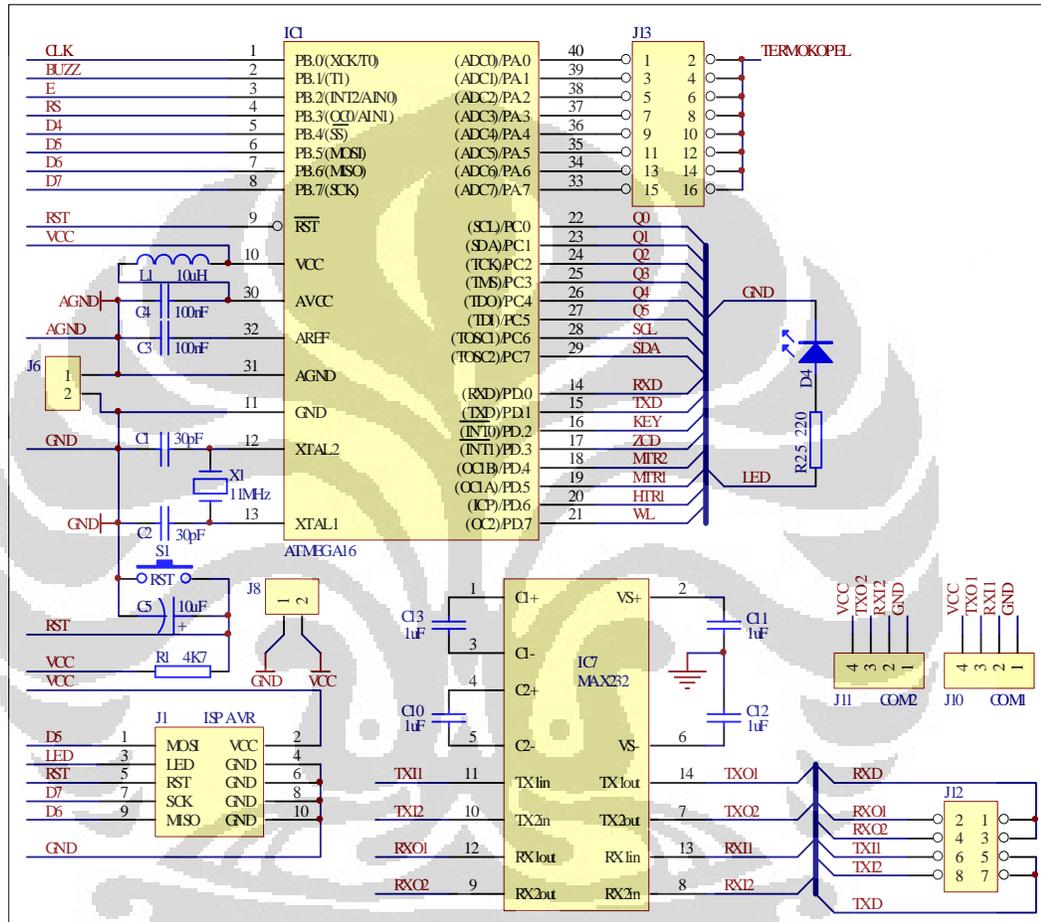
Adapun gambar rangkaian dari rangkaian *power supply* yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3.6 Rangkaian Power Supply

3.2.4 Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16

Rangkaian minimum sistem yang digunakan penulis pada tugas akhir ini yaitu menggunakan mikrokontroler AVR tipe ATMEGA 16. Rancangan rangkaian minimum sistem ini sebagai berikut :



Gambar 3.7 Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16

Mikrokontroler adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: Alamat (*address*), Data, Pengendali, Memori (*RAM* atau *ROM*), dan bagian *input-Output*. 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. Mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATmega16 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya-rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan.

Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus clock, ATmega16 mempunyai throughput mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

Inti dari AVR adalah mengkombinasikan set banyak instruksi dengan 32 register yang bekerja untuk tujuan umum. Keseluruhan 32 register tersebut secara langsung dihubungkan ke ALU (Arithmetic Logic Unit), mengijinkan 2 register yang berdiri sendiri untuk diakses dalam satu eksekusi instruksi dalam tiap 1 clock cycle. Hasil arsitekturnya adalah kode yang lebih efisien tetapi mampu mencapai keluaran sampai 10 kali lebih cepat dibandingkan mikrokontroler CISC konvensional.

ATmega16 menyediakan fitur-fitur sebagai berikut : 16K byte ISP flash Program Memory dengan kemampuan membaca sambil menulis. 512 byte EEPROM, 1 K byte SRAM, 32 baris I/O general purpose, 32 general purpose register, interface JTAG untuk mendeteksi batas (boundary-scan). Mendukung debug dan programn-chip, mempunyai 3 timer/counter yang fleksibel dengan mode perbandingan, interrupt internal dan eksternal, serial programmable USART, interface 2 kabel, byte yang berorientasi pada serial interface 2 kable, 8 channel, 10 bit ADC dengan pilihan input yang berbedaesuai pemrograman (hanya paket TQFP), timer watchdog yang bias deprogram dengan internal oscillator, port serial SPI, dan 6 software mode penyimpanan daya yang bisa dipilih. Idle mode menghentikan CPU ketika mengijinkan USART, interface 2 kabel (two-wire), D/D converter, SRAM, Timer/counter, port SPI, dan system interrupt untuk melanjutkan kerjanya. Mode power-down menyimpan isi register tetapi membekukan oscillator, men-disable semua kerja chip yang lain sampai eksternal interrupt selanjutnya atau ada reset pada hardware. Pada mode penyimpanan daya,

timer asinkron terus berjalan, memungkinkan user mengatur dasar waktu ketika sisa device lainnya berhenti. Mode reduksi noise ADC menghentikan CPU dan semua modul I/O kecuali timer asinkron dan ADC, untuk meminimalisasi men-switch noise selama proses konversi ADC. Pada mode stand by, crystal/resonator oscillator tetap berjalan pada saat sebagian device sisa sedang berhenti. Hal tersebut memungkinkan start-up yang sangat cepat dikombinasikan dengan konsumsi daya rendah. Pada mode standby tambahan (Extended standby), kedua-duanya oscillator dan timer asinkron terus berjalan.

Device dibuat menggunakan teknologi memory nonvolatile high density Atmel. ISP flash on-chip memungkinkan memory program diprogram dalam system melalui interface SPI serial, dengan pemrograman memory nonvolatile konvensional, atau program boot yang berjalan pada inti AVR. Program boot dapat menggunakan interface apapun untuk mendownload program aplikasi pada flash memory aplikasi. Software pada bagian boot Flash akan terus berjalan ketika bagian application flash di-update, menyediakan operasi membaca ketika menulis. Dengan mengkombinasikan 8 bit RISC CPU dengan In-System Self-Programmable Flash dalam chip monolitik, atmel ATmega16 adalah microcontroller yang tangguh yang memberikan solusi dengan fleksibilitas yang tinggi dan biaya yang efektif untuk banyak aplikasi *control embedded*. ATmega16 AVR didukung dengan program yang lengkap dan tools pengembangan system, seperti : compiler C, macro assembler, program debugger/simulator, emulator dalam rangkaian dan kita evaluasi.

BAB 4

HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA

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

- Pengujian *heater*
- Pengujian *thermocouple*
- Pengujian persamaan

4.1 Pengujian *heater*

Pengujian *heater* bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari *heater* tersebut untuk memanaskan minyak. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan power sebesar 100% melalui *microcontroller*. Dari hasil pengujian ini didapatkan hasil bahwa *heater* dapat memanaskan suhu pada minyak hingga 220°C. Untuk mengetahui temperatur dari *heater* maka digunakan termometer air raksa yang memiliki kemampuan untuk membaca temperatur hingga 360°C.

Karena pengujian heater disini sangatlah bagus bisa sampai 100%, disini kami menggunakan minyak curah yang murah, jadi hasilnya sangatlah tidak sesuai yang di harapkan. Pada saat menggoreng tidaklah matang secara keseluruhan tetapi hanya diluar saja yang matang tetapi tidak di dalam. Faktor minyak juga mempengaruhi penampilan luarnya. Karena jika menggunakan minyak yang sudah dipakai berkali-kali maka hasilnya akan terlihat, yang akan di goreng luarnya akan hitam dan gosong.

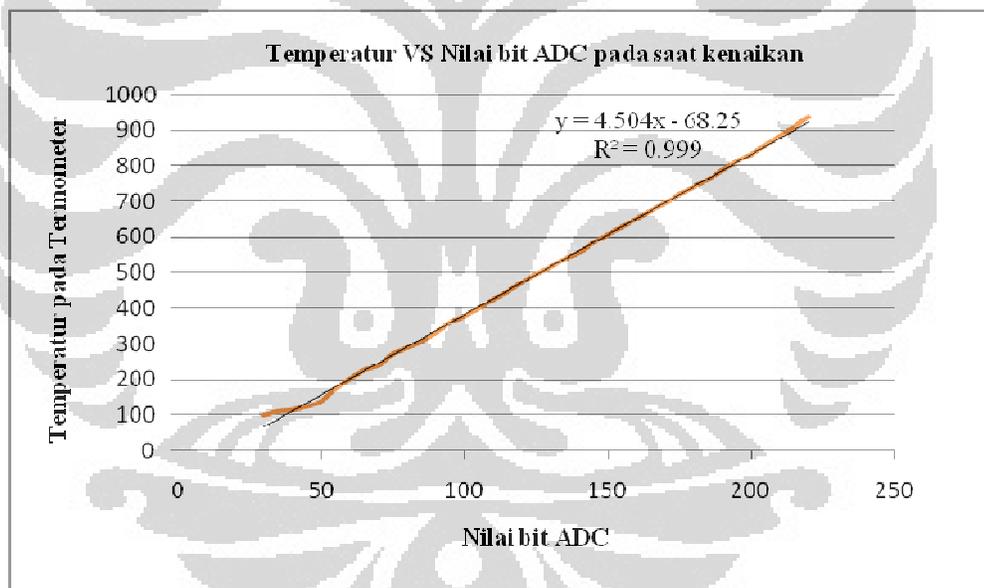
4.2 Pengujian *Thermocouple*

Pengujian *thermocouple* bertujuan untuk mengetahui berapa °C yang diukur oleh *thermocouple* bila pada *heater* diberikan 100%. Pengujian dilakukan

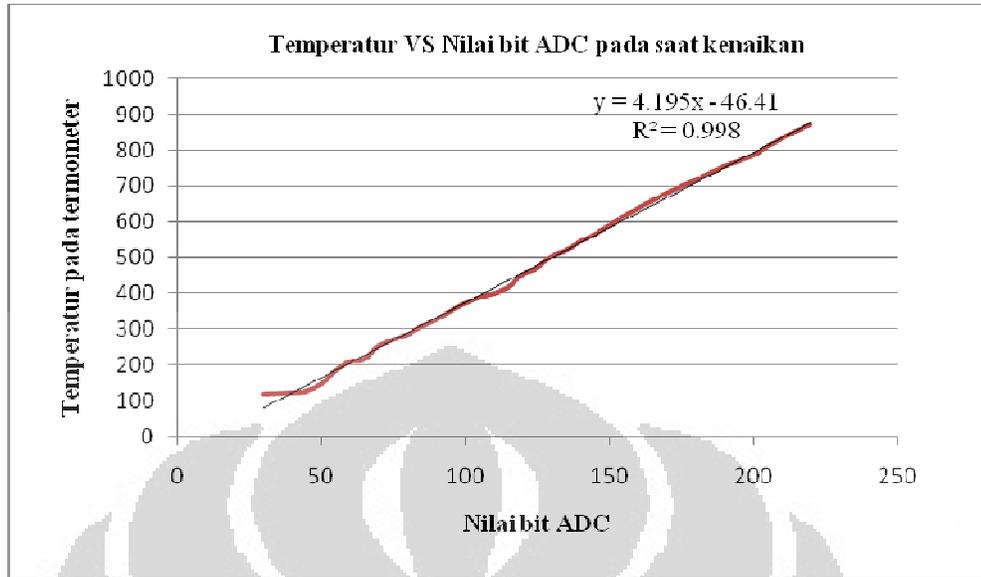
dengan menggunakan minyak untuk mendapatkan *range* suhu hingga 220°C. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dari 30°C hingga 220°C setiap perubahan atau setiap kenaikan 5 °C. Pengukuran temperaturnya diukur dan dibandingkan oleh termometer digital dan akan keluar nilai ADC yang tampak dilihat di layar LCD.

Hal yang pertama kali dilakukan adalah menghubungkan semua rangkaian dengan mekanik yang akan diambil datanya, kemudian *heater* akan mengirimkan data ke rangkaian pengendali. Dan setiap kenaikan 5°C dilihat suhu temperatur di dalam 2 buah bak dan akan muncul nilai dari ADC setelah itu barulah dicatat, setiap kenaikan 5°C di catat pula nilai dari ADC tersebut.

Setelah percobaan dilakukan sebanyak 2 kali maka didapatkan grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.1 Grafik Temperatur naik pada LCD 1



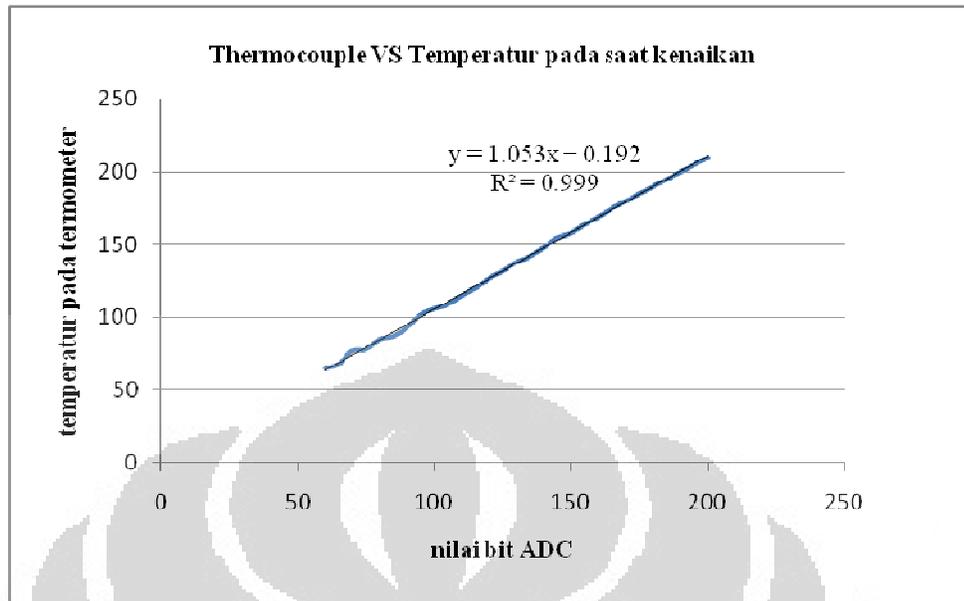
Gambar 4.2 Grafik Temperatur naik pada LCD 2

Gambar diatas merupakan grafik pada saat kenaikan sebesar 5°C dari suhu 30 °C sampai dengan 200 °C dengan menggunakan manual mode dan pada bak kedua dan akan menampilkan nilai bit ADC di layar LCD 2.

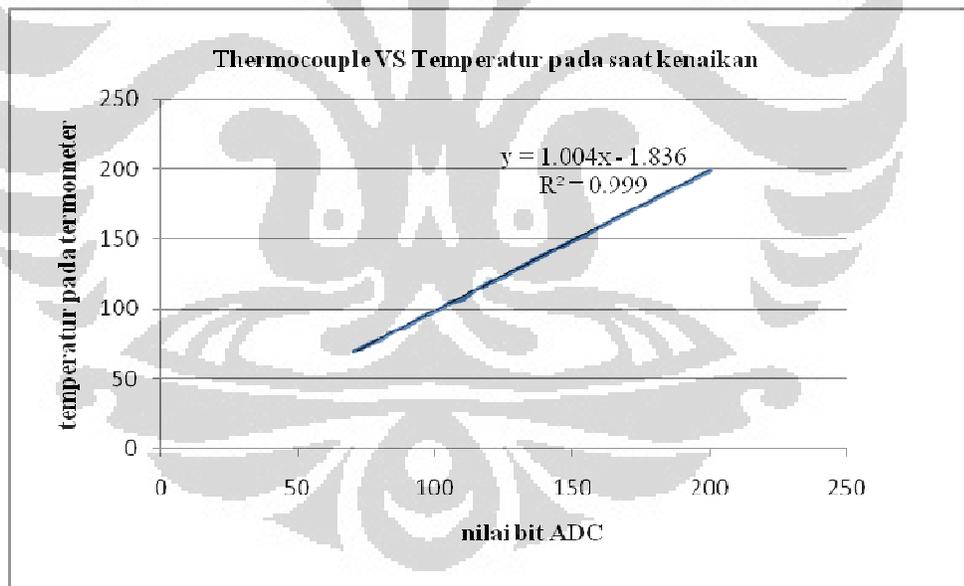
4.3 Pengujian Sistem

Setelah didapatkan persamaan, maka nilai dari persamaan itu di masukkan ke dalam program yang kemudian akan diujikan kembali untuk membuat *Thermocouple* menjadi termometer digital. Pengujian terhadap persamaan dilakukan dengan menaikkan suhu dari 30°C hingga 90°C setiap perubahan 5°C dengan kenaikan.

Maka didapatkan hasil seperti grafik dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur Naik pada LCD 1



Gambar 4.4 Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur Naik pada LCD 2

dari grafik yang dihasilkan pada saat pengujian sistem persamaan antara *thermocouple* dan termometer didapatkan $R^2=0,999$, hal ini menunjukkan bahwa *thermocouple* tersebut telah dapat berfungsi dengan baik sebagai termometer digital.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Thermocouple pada alat ini telah bekerja dengan baik dan di dapatkan $R^2 = 0,998$.
2. Pada saat auto mode, dalam percobaan Thermocouple VS temperatur perbedaan suhu yang didapat pada bak 1 dan LCD 1 adalah sebesar 1°C . Dan 10°C pada bak 2 dan LCD 2.
3. Untuk rumusan pengukuran dalam kalibrasi Thermocouple adalah $(T_2 - T_1) \times 10\text{mv}$ dan mendapatkan hasil $1700\text{mv}/^{\circ}\text{C}$.
4. Semakin tinggi suhu maka semakin tinggi pula nilai bit ADC yang didapat.

5.2 Saran

Apabila ingin membuat suatu alat yang berfungsi untuk pengendalian temperatur sebaiknya menggunakan konstruksi yang tidak terlalu besar, karena hal ini sangat berpengaruh dalam hal waktu. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan suhu menjadi sangat lama akibat tempat yang terlalu besar dan volume minyak yang terlalu banyak. Meskipun untuk mendapatkan pengendalian yang baik memang membutuhkan konstruksi yang besar.

Jika ingin berniat menggoreng sesuatu, maka pergunakanlah minyak yang bagus setidaknya yang layak dipakai. Jika minyak yang terpakai sudah tidak layak dipakai atau terlihat hitam ataupun saat memanaskan minyak tercium bau gosong, maka gantilah minyak tersebut. Karena dengan mengganti minyak tersebut, pada saat menggoreng juga menghasilkan masakan yang lebih diinginkan.



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN PENGGORENGAN MAKANAN
DENGAN TEMPERATUR TERKENDALI**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**STEVANUS PUSPO SULISTYO
2305213017**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA DAN INDUSTRI
DEPARTEMEN FISIKA
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN PENGGORENGAN MAKANAN
DENGAN TEMPERATUR TERKENDALI**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**Laporan tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md)**

**STEVANUS PUSPO SULISTYO
2305213017**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM D3 INSTRUMENTASI ELEKTRONIKA DAN INDUSTRI
DEPARTEMEN FISIKA
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Stevanus Puspo Sulistyono

NPM : 2305213017

Tanda Tangan :

Tanggal : 31 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Stevanus Puspo Sulistyو
NPM : 2305213017
Program Studi : D 3 Instrumentasi Elektronika
Judul Laporan Tugas Akhir : Rancang Bangun Penggorengan Makanan Dengan
Temperatur Terkendali

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dosen Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada program study Diploma 3 Instrumentasi Elektronika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam , Universitas Indonesia

DOSEN PENGUJI

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

Penguji : Dr. Prawito ()

Penguji : Drs. Lingga Hermanto, M.Si ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur yang terpanjatkan tak hentinya kepada Tuhan Yang Maha Esa dan Sang Maha Pengasih serta Maha Penyayang yang telah memberikan rahmat, kasih sayang dan perlindungannya serta kekuatan yang besar kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Laporan tugas akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat penulis dalam mendapatkan gelar Ahli Madya (AMD) pada Program D3 Instrumentasi Elektronika dan Industri, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr prawito, selaku Ketua Program Study D3 Insrumentasi Elektronika dan Industry. Terima kasih untuk segala masukan yang sangat berarti dan bantuan di saat mahasiswa D3 instrumrntasi Elektro mengalami kesusahan. Dan memberikan dukungan yang tiada habisnya kepada para mahasiswa.
2. Drs.Arief Sudarmaji, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan dan pengarahan yang sangat besar manfaatnya bagi penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini
3. Seluruh Dosen Pengajar tetap maupun tidak tetap, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat untuk penulis dalam menjalani jenjang pendidikan di D3 Instrumentasi Industri ini.
4. Kepada kedua orang tua, bapak dan ibuku. Tiada kata yang dapat terucapkan, segala pantun, sajak serta puisi di dunia ini takkan pernah habis terucap oleh pikiran manusia yang mampu menjelaskan betapa besar kasih sayang mereka. Tiada harta yang lebih berharga di dunia ini, emas, permata serta berlian takkan mampu membeli kasih sayang mereka. Mungkin kata terima kasih tidaklah cukup untuk membalas semua cinta, kasih sayang, perhatian, dukungan baik moril maupun

materil, dan semua perjuangan-perjuangan yang telah dilakukannya. Serta dukungan dari kedua kakak yaitu Novia dan Leonardo. Semoga dengan selesainya laporan tugas akhir ini dapat membawa sedikit kebanggaan untuk kalian.

5. Bu iis, selaku ketua pengrajin stainless steel se-nusantara. Terima kasih telah memberikan harga yang murah dan telah memberikan pikiran dan solusinya serta curhatan-curhatan yang telah membekas di hati. Dan Mang idun, selaku pengrajin stainless steel. Terima kasih kuucapkan karena telah membuat mekanik dari Tugas Akhir ini terselesaikan. "makasih bang idun, sorry engga ngasih rokok."
6. Keluarga Besar JOBLESSNESS, selaku teman dan juga sahabat. Terima kasih atas segala bantuan moril dan materil. M herwadi (selaku partner TA dan juga merangkap sebagai ketua gang motor), bewok (sang penyebar virus gatal-gatal), nando (pindahan dari universitas Zimbabwe), tendy (selaku cina glodok yang membuat pusing mahasiswa dengan harga yang melambung tinggi), bayu (yang kerjanya gesek-gesek kalo malem dan langsung mendapatkan banyak uang), imam (dj from pocin), jamal (sang pembuat upil), Samuel (kasur), sabil (budi anduk), bombie (mang pandi) and the ladies are monik (bule depok), maya (pecinta kura-kura brazil), anggit (istri polisi), pianggi (si kecil yang bawel), uchie (hidung besar).
I love n always miss u guys...!!!!. Don't forget me.
7. Semua sahabat yang telah memberikan dukungan lewat material maupun secara moril dan tidak dapat disebut satu persatu tetapi selalu ada dalam ingatan penulis. Terima kasih untuk dukungan, doa dan *supportnya*.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis, maka penulis tidak menutup diri terhadap segala kritik dan saran yang diberikan kepada penulis.

Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, terutama untuk penulis dan pembaca pada umumnya.

Depok, Desember 2008

Penulis

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

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

Nama : Stevanus Puspo Sulistyio
NPM : 2305213017
Program Studi : D 3 Instrumentasi Elektronika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Laporan Tugas Akhir

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

**RANCANG BANGUN PENGGORENGAN MAKANAN DENGAN
TEMPERATUR TERKENDALI**

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 : 16 Januari 2009

Yang menyatakan

(Stevanus Puspo Sulistyio)

ABSTRAK

Nama : Stevanus Puspo Sulistyo
Program Study : D3 Instrumentasi Elektronika
Judul : Rancang Bangun Penggorengan Makanan dengan
Temperatur Terkendali

Telah dibuat sebuah penggorengan makanan dengan temperatur terkendali. Alat ini menggunakan 2 buah bak atau wadah sebagai tempat untuk menggoreng, Dengan heater yang berfungsi sebagai pemanas untuk menaikkan suhu pada minyak. heater disini mempunyai daya masing-masing sebesar 1500 watt dan Sensor untuk mengukur suhu pada minyak yaitu *Thermocouple*. Thermocouple yang digunakan yaitu thermocouple tipe K dengan rentang suhu -200°C sampai dengan 1200°C . Pengaturan dilakukan dengan Digunakan sebuah keypad untuk mengendalikan nilai temperatur ($^{\circ}\text{C}$) dengan memasukkan nilai *Set Point* (SP) yang kemudian akan ditampilkan dengan menggunakan LCD.

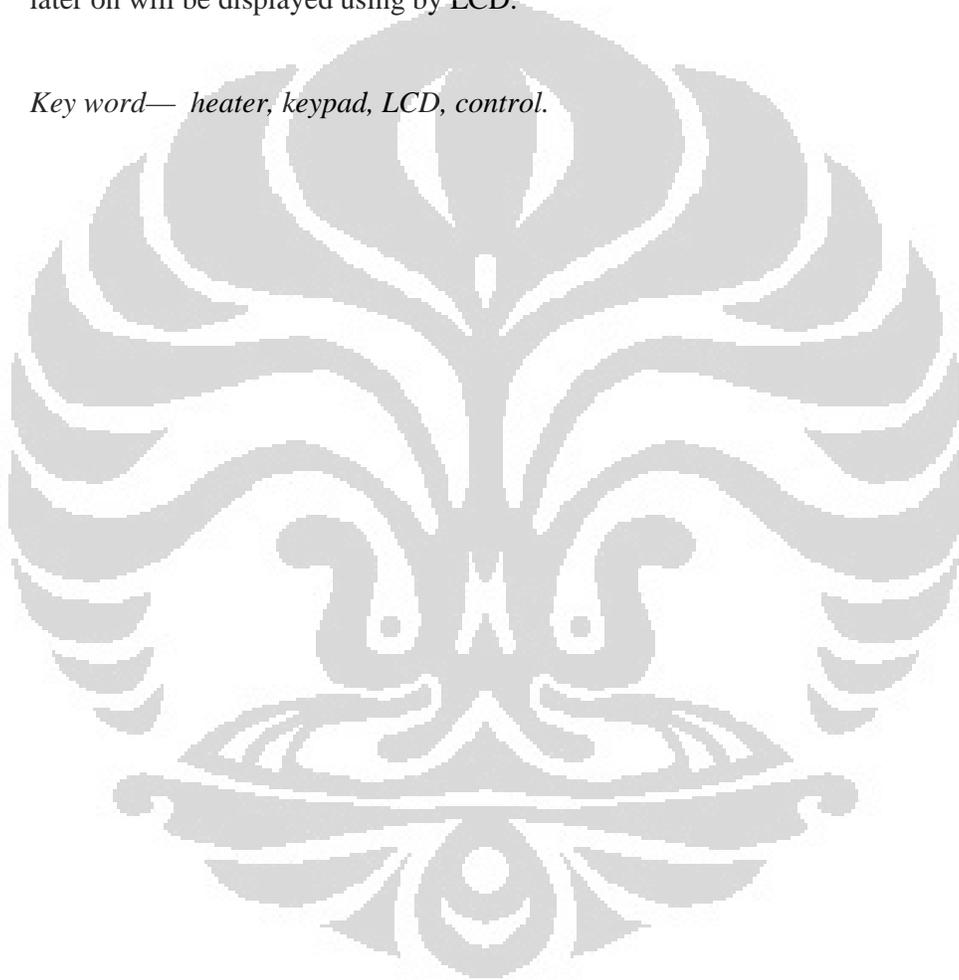
Kata kunci— heater, keypad, LCD, Pengendali



ABSTRACT

A control appliances have been made to control temperature. The control executed with arranging the energy to be given to relay then turn on the heater. Temperature control used in this appliances is K type thermocouple. Heater function to arise or reduce condensate temperature, whereover condensate infended here is oil. Keypad used to control temperatute value ($^{\circ}\text{C}$) by entered Set Point (SP) value, later on will be displayed using by LCD.

Key word— heater, keypad, LCD, control.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Deskripsi Singkat.....	2
1.5 Metode Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TEORI DASAR	6
2.1 Sensor Temperatur.....	6
2.1.1 Pemilihan Jenis Sensor Suhu.....	7
2.1.2 Persyaratan Umum Sensor atau Transduser.....	8
2.1.3 Sensor LM35.....	10
2.1.4 <i>Thermocouple</i>	11
2.1.5.1 Kerja <i>Thermocouple</i>	12
2.1.5.2 Temperatur Kerja Sensor.....	14
2.1.5.3 Penggunaan <i>Thermocouple</i>	15
2.1.5.4 Tipe-tipe <i>Thermocouple</i>	16
2.1.5.5 Perbandingan Jenis <i>Thermocouple</i>	17
2.2 <i>Heater</i>	17
2.3 Perpindahan Kalor.....	19
2.3.1 Perpindahan Panas Konveksi.....	20
2.4 SSR (<i>Solid State Relay</i>).....	21
2.4.1 Operasi.....	21
2.4.2 Keuntungan SSR.....	21
2.4.3 Kerugian SSR.....	22
BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	23
3.1 Perancangan Hardware.....	23
3.1.1 Perancangan Mekanik.....	24
3.1.2 <i>Heater</i>	25

3.1.3	<i>Thermocouple</i>	26
3.2	Cara Kerja Sistem.....	28
3.2.1	Rangkaian Minimum Sistem.....	28
3.2.2	Rangkaian <i>Thermocouple</i>	30
3.2.2.1	Kalibrasi <i>Thermocouple</i>	30
3.2.4	Rangkaian <i>Power Supplay</i>	31
3.2.5	Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16.....	33
BAB 4	HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA	36
4.1	Pengujian <i>Heater</i>	36
4.2	Pengujian <i>Thermocouple</i>	36
4.3	Pengujian Sistem	38
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1	Kesimpulan	40
5.2	Saran	40
	DAFTAR ACUAN	41
	LAMPIRAN	

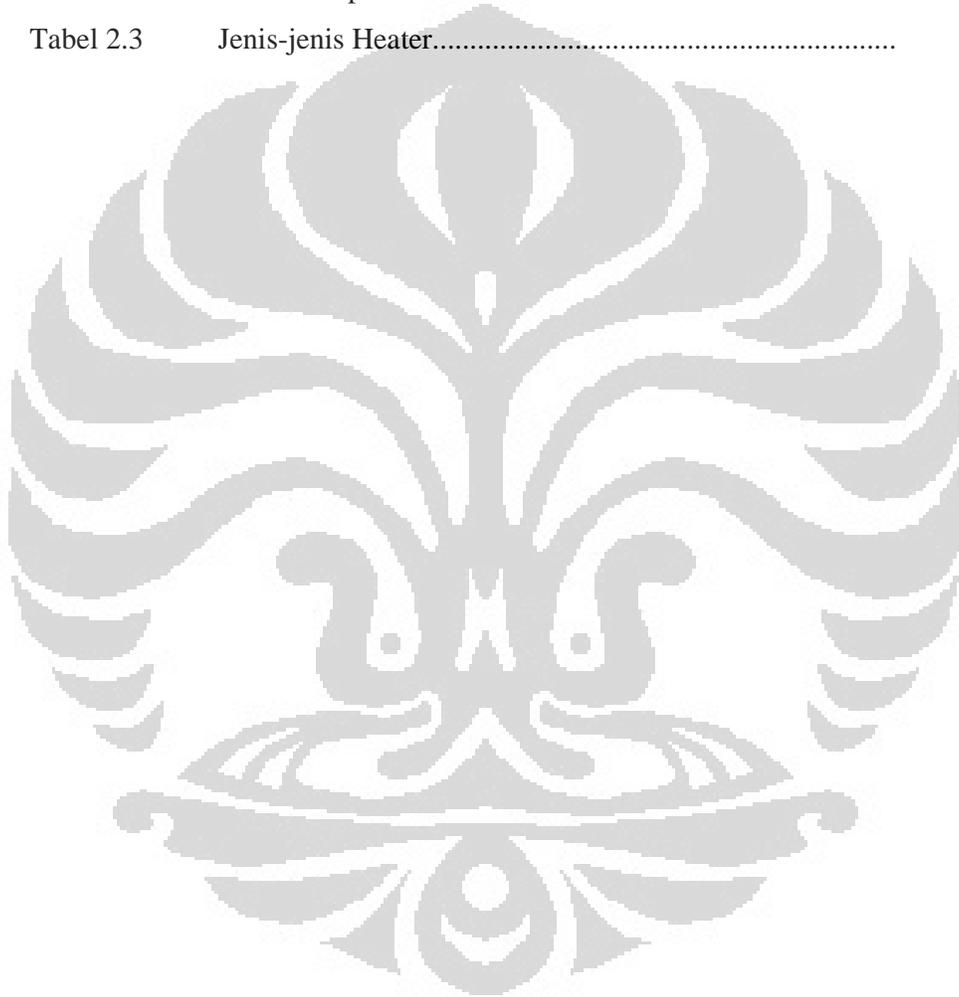


DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1	Blok Diagram Pada Sistem..... 3
Gambar 2.1	Keluaran dari Transduser Panas..... 9
Gambar 2.2	Bentuk Fisik LM35..... 10
Gambar 2.3	Arah Gerak Elektron jika dipanaskan..... 11
Gambar 2.4	Grafik Respon Thermocouple..... 15
Gambar 3.1	Perancangan Mekanik..... 32
Gambar 3.2	Heater dan sekat..... 34
Gambar 3.3	Thermocouple yang digunakan..... 35
Gambar 3.4	Rangkaian Minimum Sistem..... 24
Gambar 3.5	Rangkaian Thermocouple..... 26
Gambar 3.6	Rangkaian Power Supplay..... 28
Gambar 3.7	Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16..... 29
Gambar 4.1	Grafik Temperatur naik pada LCD 1..... 37
Gambar 4.2	Grafik Temperatur naik pada LCD 2..... 38
Gambar 4.3	Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur Naik pada LCD 1..... 38
Gambar 4.4	Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur naik pada LCD 2..... 39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik sensor temperatur.....	14
Tabel 2.2 Tabel perbandingan temperatur pada jenis-jenis Thermocouple... ..	17
Tabel 2.3 Jenis-jenis Heater.....	18



BAB 1

PENDAHULUAN

Bab pertama pada laporan tugas akhir ini, merupakan sebuah lembaran pendahuluan dari kegiatan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Uraian pada bab pertama laporan penelitian ini, antara lain meliputi latar belakang penelitian, tujuan penelitian, pembatasan masalah penelitian, metode penelitian, dan sistematika penelitian.

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi di dunia saat ini, maka semakin banyak pula alat yang diciptakan untuk mempermudah dan meefensiasikan waktu kerja manusia. Tidak hanya proses industri yang lekat dengan teknologi, dunia pendidikan, kesehatan, komunikasi, rumah tangga, dan penelitian juga memanfaatkan teknologi untuk mempermudah manusia dalam melakukan pekerjaan sesuai dengan bidangnya tersebut.

Banyak indusri kecil dan menengah yang memproduksi makanan kurang mendapat perhatian dikarenakan perekonomian bangsa yang sedang tidak stabil dan harga minyak bumi yang semakin mahal membuat omset mereka berkurang. Karena jumlah produsen yang semakin berkurang maka produk-produk yang di tawarkan semakin mahal hingga produk-produk rumah tangga sekalipun. Adapun alat-alat rumah tangga, misalnya penggorengan.

Penggorengan memang sebuah alat yang praktis agar dapat menggoreng apa saja, tetapi tidak dengan masakan yang tebal dan besar atau dapat melebar dan membesar sewaktu di goreng. Contohnya adalah kerupuk Palembang. Banyak koki dari hotel-hotel ataupun restoran mewah sangat mudah memasak kerupuk ini dikarenakan mereka tahu temperatur yang akan digunakan sewaktu memasak, apakah itu kita memasaknya harus temperatur lebih rendah baru ke temperature lebih tinggi supaya panas yang dihasilkan merata keseluruh bagian dalam kerupuk

baru bagian luar kerupuk tersebut atau sebaliknya. Sering banyak kita jumpai orang-orang yang dapat memasak kerupuk Palembang dengan mudah, tetapi tidak dengan kenyataannya. Banyak yang menggoreng kerupuk itu tetapi tidak dapat mengembang besar dan matang secara keseluruhan. Dikarenakan temperatur yang tidak terkendali, sebenarnya semua orang bisa memasak kerupuk itu asalkan dapat membuat temperatur di dalam penggoreng itu terkendali dengan baik. Oleh karena itu saya disini sebagai penulis akan membuat sebuah alat penggorengan dengan temperatur yang terkendali dan juga lebih terjangkau harganya.

Alat ini dapat digunakan dalam proses pembuatan makanan pada rumah makan dan rumah tangga. Sistem yang terdapat pada alat ini berupa sistem pemanas. Selain itu akan ada keypad, sensor panas dan juga indicator untuk mengetahui proses pada alat ini. Sistem pemanas, sensor dan indicator akan terhubung dengan microcontroller dan akan diproses dan dikirim ke actuator sehingga didapat hasil yang diinginkan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah membuat alat penggoreng makanan elektrik dengan temperatur yang terkendali yang dapat diterapkan oleh industri-industri kecil maupun menengah serta semua kalangan masyarakat.

1.3 Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini batasan masalah yang penulis ambil adalah difokuskan pada sistem mekanik dari penggorengan makanan elektrik dengan temperatur terkendali. Sehingga dalam hal ini proyek ditujukan pada proses yang berhubungan dengan perancangan mekanik dari alat tersebut yaitu sistem mekanik rangkaian sensor temperature dan tentunya rancang bangun dari alat tersebut.

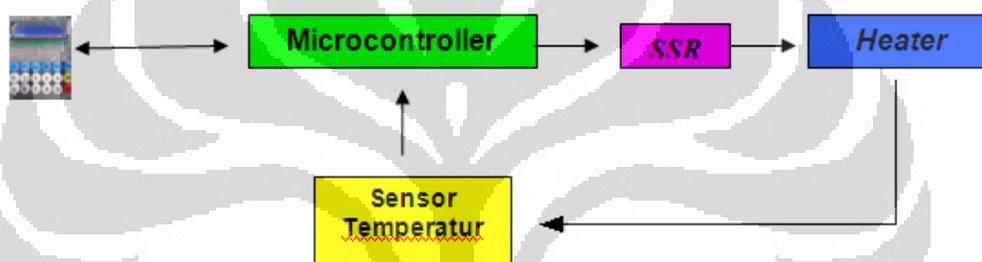
1.4 Deskripsi Singkat

Sebagai salah satu aplikasi teknologi pada bidang penelitian, pada tugas akhir ini dibuat “**rancang bangun pada penggoreng makanan dengan temperatur terkendali**” dengan maksud menekan pembiayaan dan memudahkan pekerja dalam proses produksi sehingga proses kerja berjalan dengan mudah,

aman, dan efisien. Hal tersebut dikarenakan pengontrolan kerja untuk kenaikan temperatur minyak hanya dilakukan dengan keypad.

Apabila ingin dihasilkan temperatur yang cukup tinggi, tombol temperature pada keypad ditekan dan diatur sesuai dengan keinginan. Maka akan terjadi proses pemanasan sesuai dengan temperature yang telah diatur sebelumnya. Hal tersebut disebabkan data dari keypad tersebut menginisialisasikan microcontroller yang bertindak sebagai pengendali. Perubahan temperatur pada minyak dapat dilihat pada display. Dan sensor menunjukkan temperatur yang akan diatur dan ditampilkan.

Keypad dan LCD



Gambar 1.1. Blok diagram pada sistem

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain:

1. Study Literatur

Penulis menggunakan metode ini untuk memperoleh informasi dan data yang berkaitan dengan penelitian yang penulis lakukan. Study literatur ini mengacu pada buku-buku pegangan, data sheet dari berbagai macam komponen yang dipergunakan, data yang didapat dari internet, dan makalah-makalah yang membahas tentang proyek yang penulis buat.

2. Perancangan dan Pembuatan Sistem

Berisi tentang proses perencanaan sistem baik hardware maupun software. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya. Pada bagian software akan dibahas program yang digunakan.

3. Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan *Software* penunjang untuk microcontroler dan pengolahan data. Dengan menggunakan *Software* ini memungkinkan kita untuk memanipulasi kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan.

4. Uji Sistem

Dari sistem yang dibuat maka dilakukan pengujian secara menyeluruh, dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

5. Pengambilan Data

Di sini alat diuji secara keseluruhan sebagai suatu kesatuan sistem. Setelah itu dapat dilihat apakah perangkat keras dan lunak sudah dapat bekerja dengan benar ataukah masih dibutuhkan beberapa perbaikan. Jika alat sudah dapat bekerja dengan benar, maka dapat dilakukan pengumpulan data yang dianggap penting atau diinginkan.

6. Penulisan Hasil Penelitian

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

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka Tugas Akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yaitu :

BAB 1 Pendahuluan

Pada bab ini yaitu mengenai pendahuluan yang berisikan antara lain: latar belakang permasalahan, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penulisan dan sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini.

BAB 2 Teori Dasar

Pada bab ini yaitu mengenai teori dasar berisikan tentang teori yang mendasari hal-hal yang berkaitan dengan tugas akhir ini yang didapatkan berdasarkan hasil studi literatur.

BAB 3 Perancangan dan Cara Kerja Sistem

Pada bab ini akan dijelaskan keseluruhan sistem kerja dari mekanik sistem pengendalian temperatur ini.

BAB 4 Hasil Eksperimen dan Analisa Data

Pada bab ini akan membahas tentang hasil dan analisa yang telah diperoleh dalam perancangan dan pengujian terhadap alat ini baik kesalahan maupun kendala yang didapat.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisikan mengenai kesimpulan dari keseluruhan perancangan sistem hingga hasil penelitian yang didapat dan saran yang mungkin dapat digunakan untuk memperbaiki, menambahkan, ataupun memodifikasi alat yang sudah ada menjadi lebih baik.

BAB 2

TEORI DASAR

Pembahasan pada bab ini, lebih diorientasikan pada kajian teknis terhadap landasan teori yang digunakan penulis, sebagai bahan kajian dan referensi penelitian

2.1 Sensor Temperatur

AC. Srivastava, mengatakan temperatur merupakan salah satu dari empat besaran dasar yang diakui oleh Sistem Pengukuran Internasional (*The International Measuring System*). Lord Kelvin pada tahun 1848 mengusulkan skala temperature termodinamika pada suatu titik tetap *triple point*, dimana fase padat, cair dan uap berada bersama dalam equilibrium, angka ini adalah 273,16 °K (derajat Kelvin) yang juga merupakan titik es. Skala lain adalah Celcius, Fahrenheit dan Rankine dengan hubungan sebagai berikut:

$$^{\circ}\text{F} = 9/5 \text{ }^{\circ}\text{C} + 32 \text{ atau}$$

$$^{\circ}\text{C} = 5/9 (^{\circ}\text{F}-32) \text{ atau}$$

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459,69$$

Yayan I.B, mengatakan temperatur adalah kondisi penting dari suatu substrat. Sedangkan “panas adalah salah satu bentuk energi yang diasosiasikan dengan aktifitas molekul-molekul dari suatu substrat”. Partikel dari suatu substrat diasumsikan selalu bergerak. Pergerakan partikel inilah yang kemudian dirasakan sebagai panas. Sedangkan temperatur adalah ukuran perbandingan dari panas tersebut.

Pergerakan partikel substrat dapat terjadi pada tiga dimensi benda yaitu:

1. Benda padat,
2. Benda cair dan
3. Benda gas (udara)

Aliran kalor substrat pada dimensi padat, cair dan gas dapat terjadi secara :

1. Konduksi, yaitu pengaliran panas melalui benda padat (penghantar) secara kontak langsung
2. Konveksi, yaitu pengaliran panas melalui media cair secara kontak langsung
3. Radiasi, yaitu pengaliran panas melalui media udara/gas secara kontak tidak langsung

2.1.1 Pemilihan Jenis Sensor Suhu

Hal-hal yang perlu diperhatikan sehubungan dengan pemilihan jenis sensor suhu adalah:

1. Level suhu maksimum dan minimum dari suatu substrat yang diukur.
2. Jangkauan (*range*) maksimum pengukuran
3. Konduktivitas kalor dari substrat
4. Respon waktu perubahan suhu dari substrat
5. Linieritas sensor
6. Jangkauan temperatur kerja

Selain dari ketentuan diatas, perlu juga diperhatikan aspek fisik dan kimia dari sensor seperti ketahanan terhadap korosi (karat), ketahanan terhadap guncangan, pengkabelan (instalasi), keamanan dan lain-lain.

Sensor atau transduser adalah suatu piranti yang dapat mengubah fenomena fisis menjadi arus atau tegangan listrik, yang diperlukan untuk suatu pengukuran kendali atau informasi. Beberapa parameter fisis tersebut seperti temperatur, aliran, tekanan, perpindahan, intensitas cahaya, dan medan magnet yang dapat diukur dengan menggunakan sensor tertentu.

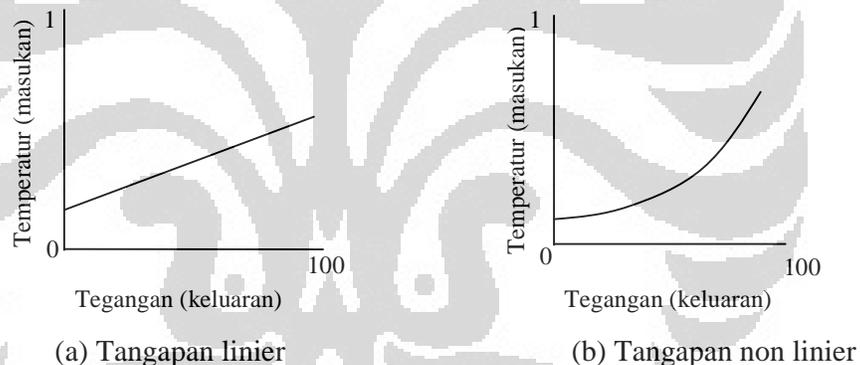
Sensor temperatur adalah suatu sensor yang mengkonversikan perubahan energi termal suatu objek menjadi energi listrik. Energi termal per molekul dari material dinyatakan dalam derajat temperatur tertentu. Skala yang biasanya dipakai untuk pengukuran suatu temperatur adalah skala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), skala Celcius ($^{\circ}\text{C}$), skala Kelvin (K), dan skala Rankine ($^{\circ}\text{R}$).

2.1.2 Peryaratan Umum Sensor atau Transduser

Dalam memilih peralatan sensor dan transduser yang tepat dan sesuai dengan sistem yang akan disensor maka perlu diperhatikan persyaratan umum sensor berikut ini :

a. Linearitas

Ada banyak sensor yang menghasilkan sinyal keluaran yang berubah secara kontinyu sebagai tanggapan terhadap masukan yang berubah secara kontinyu. Sebagai contoh, sebuah sensor panas dapat menghasilkan tegangan sesuai dengan panas yang dirasakannya. Dalam kasus seperti ini, biasanya dapat diketahui secara tepat bagaimana perubahan keluaran dibandingkan dengan masukannya berupa sebuah grafik. Gambar 2.1 memperlihatkan hubungan dari dua buah sensor panas yang berbeda. Garis lurus pada gambar 2.1(a) memperlihatkan tanggapan linier, sedangkan pada gambar 2.1(b) adalah tanggapan non-linier.



Gambar 2.1 Keluaran dari transduser panas [1]

b. Sensitivitas

Sensitivitas akan menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan”. Beberapa sensor panas dapat memiliki kepekaan yang dinyatakan dengan “satu volt per derajat”, yang berarti perubahan satu derajat pada masukan akan menghasilkan perubahan satu volt pada keluarannya. Sensor panas lainnya dapat saja memiliki kepekaan “dua volt per derajat”, yang berarti memiliki kepekaan dua kali dari sensor yang pertama. Linieritas sensor juga mempengaruhi

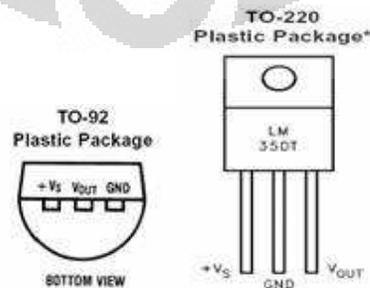
sensitivitas dari sensor. Apabila tanggapannya linier, maka sensitivitasnya juga akan sama untuk jangkauan pengukuran keseluruhan. Sensor dengan tanggapan pada gambar 2.1(b) akan lebih peka pada temperatur yang tinggi dari pada temperatur yang rendah.

Pada aplikasi pendeteksian atau pengukuran tertentu, dapat dipilih salah satu tipe sensor dengan pertimbangan :

1. Penampilan (*Performance*), yaitu pada saat kita memilih sensor yang diinginkan maka penampilan sensor tersebut harus bagus atau tidaklah rusak dengan kata lain tidak ada ada yang patah atau bengkok pada sensor itu.
2. Keandalan (*Reliable*), yaitu dapat bekerja dengan baik pada saat kita memakai sensor tersebut dengan kata lain tegangan yang dihasilkan dari sensor tersebut sesuai dengan yang diinginkan.
3. Faktor ekonomis (*Economic*), yaitu pada saat kita memilih sensor haruslah mempertimbangkan harga yang sesuai dengan keadaan keuangan kita.

2.1.3 Sensor LM35 [4]

LM 35 ialah sensor temperatur paling banyak digunakan untuk praktek, karena selain harganya cukup murah, linearitasnya lumayan bagus. 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 $+150^{\circ}\text{C}$. LM35 dimaksudkan untuk beroperasi pada -55° hingga $+150^{\circ}\text{C}$, sedangkan LM35C pada -40°C hingga $+110^{\circ}\text{C}$, dan LM35D pada kisaran 0 - 100°C . LM35D juga tersedia pada paket 8 kaki dan paket TO-220. Sensor LM35 umumnya akan naik sebesar 10mV setiap kenaikan 1°C (300mV pada 30°C).



Gambar 2.2 Bentuk Fisik LM35 [4]

Jika kita ingin standar pengukuran dalam Fahrenheit, maka dapat menggunakan sensor bertipe LM34A yang mempunyai kisaran pengukuran dari -50F hingga

300F dengan akurasi $\pm 2.0F$. Skala outputnya juga sama yaitu 10mV/F. Berikut contoh sensor suhu menggunakan PPI 8255, ADC 0804 dengan mode free running dan output Vout dihubungkan ke pin 6 ADC0804. Pada ADC dikenal dengan istilah Free Running dan Mode control. Mode Free Running adalah, dimana ADC0804 akan mengeluarkan data hasil pembacaan input secara otomatis dan berkelanjutan (*continue*) setelah selesai mengkonversi tegangan analog ke digital. Pin INTR akan berlogika rendah setelah ADC selesai mengkonversi, logika ini dihubungkan kepada masukkan WR untuk memerintahkan ADC memulai konversi kembali.

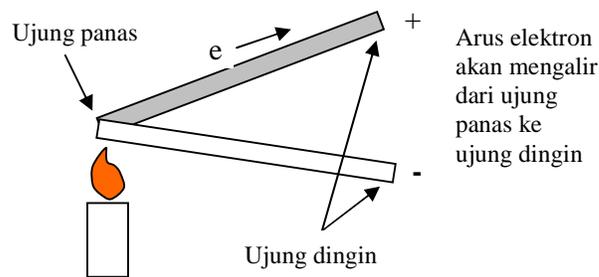
2.1.4 *Thermocouple*

Temperatur adalah satu dari besaran fisika yang terpenting. Alat yang dapat merubah besaran fisis ke besaran yang bersifat listrik. Temperatur didefinisikan sebagai ukuran relatif dari kondisi termal yang dimiliki suatu benda. Alat pengukur temperatur dinamakan termometer.

Sensor temperatur adalah suatu transducer yang menangkap perubahan temperatur menjadi suatu besaran fisika lain, seperti tegangan atau arus. Sensor temperatur yang digunakan dalam alat ini salah satunya adalah *thermocouple*.

Thermocouple adalah sensor suhu yang banyak digunakan untuk mengubah perbedaan panas dalam benda yang diukur temperaturnya menjadi perubahan potensial atau tegangan listrik. *Thermocouple* yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur temperatur dalam jangkauan suhu yang cukup besar dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1 °C. [7]

Pembuatan *thermocouple* didasarkan atas sifat thermal bahan logam. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka pada ujung tersebut elektron-elektron dalam logam akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron-elektron saling desak dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan. Dengan demikian pada ujung batang yang dipanaskan akan terjadi muatan positif.



Gambar 2.3 Arah gerak electron jika logam dipanaskan

Kepadatan electron untuk setiap bahan logam berbeda tergantung dari jenis logam. Jika dua batang logam disatukan salah satu ujungnya, dan kemudian dipanaskan, maka elektron dari batang logam yang memiliki kepadatan tinggi akan bergerak ke batang yang kepadatan elektronnya rendah, dengan demikian terjadilah perbedaan tegangan diantara ujung kedua batang logam yang tidak disatukan atau dipanaskan.

2.1.4.1 Cara Kerja *Thermocouple*

Pada tahun 1821, seorang fisikawan Estonia bernama Thomas Johann Seebeck menemukan bahwa sebuah konduktor (semacam logam) yang diberi perbedaan panas secara gradien akan menghasilkan tegangan listrik. [7] Hal ini disebut sebagai efek termoelektrik. Untuk mengukur perubahan panas ini gabungan dua macam konduktor sekaligus sering dipakai pada ujung benda panas yang diukur. Konduktor tambahan ini kemudian akan mengalami gradiasi suhu, dan mengalami perubahan tegangan secara berkebalikan dengan perbedaan temperatur benda. Menggunakan logam yang berbeda untuk melengkapi sirkuit akan menghasilkan tegangan yang berbeda, meninggalkan perbedaan kecil tegangan memungkinkan kita melakukan pengukuran, yang bertambah sesuai temperatur. Perbedaan ini umumnya berkisar antara 1 hingga 70 microvolt tiap derajat celcius untuk kisaran yang dihasilkan kombinasi logam modern. Beberapa kombinasi menjadi populer sebagai standar industri, dilihat dari biaya, ketersediaanya, kemudahan, titik lebur, kemampuan kimia, stabilitas, dan hasil. Sangat penting diingat bahwa *Thermocouple* mengukur perbedaan temperatur di antara 2 titik, bukan temperatur absolut.

Pada banyak aplikasi, salah satu sambungan sambungan yang dingin dijaga sebagai temperatur referensi, sedang yang lain dihubungkan pada objek pengukuran. *Thermocouple* dapat dihubungkan secara seri satu sama lain untuk membuat termopile, dimana tiap sambungan yang panas diarahkan ke suhu yang lebih tinggi dan semua sambungan dingin ke suhu yang lebih rendah. Dengan begitu, tegangan pada setiap *Thermocouple* menjadi naik, yang memungkinkan untuk digunakan pada tegangan yang lebih tinggi. Dengan adanya suhu tetapan pada sambungan dingin, yang berguna untuk pengukuran di laboratorium, secara sederhana *Thermocouple* tidak mudah dipakai untuk kebanyakan indikasi sambungan langsung dan instrumen kontrol. Mereka menambahkan sambungan dingin tiruan ke sirkuit mereka yaitu peralatan lain yang sensitif terhadap suhu (seperti termistor atau dioda) untuk mengukur suhu sambungan input pada peralatan, dengan tujuan khusus untuk mengurangi gradiasi suhu di antara ujung-ujungnya. Di sini, tegangan yang berasal dari hubungan dingin yang diketahui dapat disimulasikan, dan koreksi yang baik dapat diaplikasikan. Hal ini dikenal dengan kompensasi hubungan dingin. Biasanya *Thermocouple* dihubungkan dengan alat indikasi oleh kawat yang disebut kabel ekstensi atau kompensasi. Tujuannya sudah jelas. Kabel ekstensi menggunakan kawat-kawat dengan jumlah yang sama dengan konduktor yang dipakai pada *Thermocouple* itu sendiri. Kabel-kabel ini lebih murah daripada kabel *Thermocouple*, walaupun tidak terlalu murah, dan biasanya diproduksi pada bentuk yang tepat untuk pengangkutan jarak jauh – umumnya sebagai kawat tertutup fleksibel atau kabel multi inti. Kabel-kabel ini biasanya memiliki spesifikasi untuk rentang suhu yang lebih besar dari kabel *Thermocouple*. Kabel ini direkomendasikan untuk keakuratan tinggi. Kabel kompensasi pada sisi lain, kurang presisi, tetapi murah. Mereka memakai perbedaan kecil, biasanya campuran material konduktor yang murah yang memiliki koefisien termoelektrik yang sama dengan *Thermocouple* (bekerja pada rentang suhu terbatas), dengan hasil yang tidak seakurat kabel ekstensi. Kombinasi ini menghasilkan output yang mirip dengan *Thermocouple*, tetapi operasi rentang suhu pada kabel kompensasi dibatasi untuk menjaga agar kesalahan yang diperoleh kecil. Kabel ekstensi atau kompensasi harus dipilih sesuai kebutuhan *Thermocouple*. Pemilihan ini menghasilkan tegangan yang proporsional terhadap beda suhu antara sambungan panas dan dingin, dan kutub harus dihubungkan

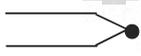
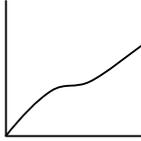
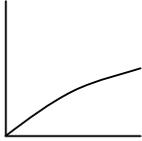
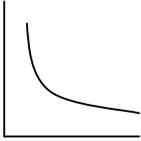
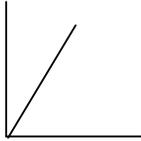
dengan benar sehingga tegangan tambahan ditambahkan pada tegangan *Thermocouple*, menggantikan perbedaan suhu antara sambungan panas dan dingin.

2.1.4.2 Temperatur Kerja Sensor

Setiap sensor suhu memiliki temperatur kerja yang berbeda, untuk pengukuran suhu disekitar kamar yaitu antara -35°C sampai 150°C , dapat dipilih sensor NTC, PTC, transistor, dioda dan IC hibrid. Untuk suhu menengah yaitu antara 150°C sampai 700°C , dapat dipilih *Thermocouple* dan RTD. Untuk suhu yang lebih tinggi sampai 1500°C , tidak memungkinkan lagi dipergunakan sensor-sensor kontak langsung, maka teknis pengukurannya dilakukan menggunakan cara radiasi. Untuk pengukuran suhu pada daerah sangat dingin dibawah $65\text{K} = -208^{\circ}\text{C}$ ($0^{\circ}\text{C} = 273,16\text{K}$) dapat digunakan resistor karbon biasa karena pada suhu ini karbon berlaku seperti semikonduktor. Untuk suhu antara 65K sampai -35°C dapat digunakan kristal silikon dengan kemurnian tinggi sebagai sensor. [7]

Pada setiap sensor temperatur memiliki karakteristik yang berbeda-beda, dari mulai *thermocouple*, RTD, Thermistor dan juga IC sensor. Dibawah ini adalah perbandingan karakteristik pada setiap sensor temperatur:

Tabel 2.1 Karakteristik sensor temperatur [7]

	<i>Thermocouple</i>	RTD	Thermistor	IC Sensor
				
	V	R	R	V, I
				
	T	T	T	T

kekuatan	<ul style="list-style-type: none"> - self powered - sederhana - kasar - murah - banyak macamnya - range suhu luas 	<ul style="list-style-type: none"> - paling stabil - paling akurat - lebih linier daripada thermocouple 	<ul style="list-style-type: none"> - output tinggi - cepat - mengukur ohms dua kawat 	<ul style="list-style-type: none"> - paling linear - output paling tinggi - murah
kelemahan	<ul style="list-style-type: none"> - tidak linear - tegangan rendah - memerlukan referensi - kurang stabil - kurang sensitif 	<ul style="list-style-type: none"> - mahal - memerlukan suplay daya - ΔR kecil - Tahanan absolute rendah - self heating 	<ul style="list-style-type: none"> - tidak linier - range suhu terbatas - rentan - memerlukan suplay daya - self heating 	<ul style="list-style-type: none"> - $T < 200^{\circ}\text{C}$ - memerlukan suplay daya - lambat - self heating - konfigurasi terbatas

2.1.4.3 Penggunaan *Thermocouple*

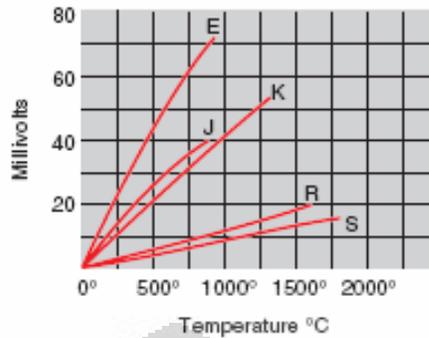
Contoh penggunaan *Thermocouple* yang umum antara lain :

1. Industri besi dan baja
2. Pengaman pada alat-alat pemanas
3. Untuk termopile sensor radiasi
4. Pembangkit listrik tenaga panas radioisotop, salah satu aplikasi termopile.

Dalam pembuatan alat ini menggunakan termokopel tipe K, dimana termokopel tipe K ini memiliki karakteristik tersendiri yaitu :

- a. Terbuat dari bahan Chromel (Ni-Cr) dan Alumel (Ni-Al)
- b. Aktif pada suhu $-200^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$
- c. Sensitivitasnya pada 25°C adalah $40,6\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$

Berikut adalah respon tegangan keluaran thermocouple terhadap temperature berdasarkan tipe thermocouple.



Gambar 2.4 Grafik Respon *Thermocouple* [7]

2.1.4.4 Tipe-Tipe *Thermocouple* [7]

Tersedia beberapa jenis *Thermocouple*, tergantung aplikasi penggunaannya

:

1. Tipe K (Chromel (Ni-Cr alloy) / Alumel (Ni-Al alloy))
Thermocouple untuk tujuan umum. Lebih murah. Tersedia untuk rentang suhu $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Tipe E (Chromel / Constantan (Cu-Ni alloy)). Tipe E memiliki output yang besar ($68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) membuatnya cocok digunakan pada temperatur rendah. Properti lainnya tipe E adalah tipe non magnetik.
3. Tipe J (Iron / Constantan) Rentangnya terbatas (-40 hingga $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$) membuatnya kurang populer dibanding tipe K. Tipe J memiliki sensitivitas sekitar $52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$
4. Tipe N (Nicrosil (Ni-Cr-Si alloy) / Nisil (Ni-Si alloy)) Stabil dan tahanan yang tinggi terhadap oksidasi membuat tipe N cocok untuk pengukuran suhu yang tinggi tanpa platinum. Dapat mengukur suhu di atas $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sensitifitasnya sekitar $39\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ pada 900°C , sedikit di bawah tipe K. Tipe N merupakan perbaikan tipe K.
5. *Thermocouple* tipe B, R, dan S adalah *Thermocouple* logam mulia yang memiliki karakteristik yang hampir sama. Mereka adalah *Thermocouple* yang paling stabil, tetapi karena sensitifitasnya rendah (sekitar $10\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$) mereka biasanya hanya digunakan untuk mengukur temperatur tinggi ($>300\text{ }^{\circ}\text{C}$).

6. Type B (Platinum-Rhodium/Pt-Rh) Cocok mengukur suhu di atas 1800 °C. Tipe B memberi output yang sama pada suhu 0°C hingga 42°C sehingga tidak dapat dipakai di bawah suhu 50°C.
7. Type R (Platinum /Platinum with 7% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum.
8. Type S (Platinum /Platinum with 10% Rhodium) Cocok mengukur suhu di atas 1600 °C. sensitivitas rendah (10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$) dan biaya tinggi membuat mereka tidak cocok dipakai untuk tujuan umum. Karena stabilitasnya yang tinggi Tipe S digunakan untuk standar pengukuran titik leleh emas (1064.43 °C).
9. Type T (Copper / Constantan) Cocok untuk pengukuran antara -200 to 350 °C. Konduktor positif terbuat dari tembaga, dan yang negatif terbuat dari constantan. Sering dipakai sebagai alat pengukur alternatif sejak penelitian kawat tembaga. Type T memiliki sensitifitas 43 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

2.1.4.5 Perbandingan Jenis *Thermocouple*

Thermocouple terdiri dari beberapa jenis, dan yang pasti setiap jenis *Thermocouple* mempunyai temperatur range yang berbeda atau memiliki rentang suhu berbeda pada setiap kegunaan masing-masing *Thermocouple*.

Dibawah ini merupakan perbandingan suhu di antara jenis-jenis *Thermocouple*:

Tabel 2.2 Tabel perbandingan temperatur pada jenis-jenis *Thermocouple* [7]

Sensor	Temperatur Range (°C)	Temperatur Range(°F)
Type K Thermocouple	-200 to 1250	-328 to 2282
Type J Thermocouple	0 to 750	32 to 1382
Type T Thermocouple	-200 to 350	-328 to 662
Type E Thermocouple	-200 to 900	-328 to 1652
Pt 100 RTD	-200 to 850	-328 to 1562
IC Sensor	-40 to 200	-40 to 392

Thermistor	-40 to 125	-40 to 257
------------	------------	------------

2.2 Heater

Heater adalah suatu alat yang digunakan untuk memancarkan panas atau suatu alat yang digunakan untuk mencapai temperatur yang lebih tinggi. Didalam istilah elektronika, *heater* adalah kumpulan dari kawat serabut yang terdapat didalam ruang hampa udara yang berfungsi untuk memanaskan katode didalam suatu termisi emisi electron. [2]

Element dari heter jenis ini kebanyakan memakai konstruksi dari sebuah emisi api atau filament elektrik panas sebaai pemancarnya. Jika sebuah operasi elektrik infra red heater digunakan, filament biasanya akan melindungi dari sebuah resistansi panas. Material yang banyak digunakan pada heater jenis ini adalah kawat yang berpelindung, alternatif temperatur rendah dari kawat adalah karbon, campuran dari besi, khromium, aluminium. Industri infrared heater terkadang menggunakan sebuah pelapis emas dalam pipa kwarsa. Emas digunakan karena hambatan oksidasinya sangat tinggi mencapai 95%.

Heater dapat digunakan sebagai pemanas langsung yang dapat mengakibatkan reaksi-reaksi tertentu. Misalnya, di bidang industri kimia atau untuk menghasilkan panas dalam reaksi kimia untuk proses seperti memecah.

Sumber energi yang paling umum digunakan untuk pemanasan air adalah bahan bakar fosil : gas alam, minyak tanah yang dicairkan dengan memasang gas, meminyaki atau kadang-kadang bahan bakar padat. Bahan bakar ini dapat dikonsumsi secara langsung atau dengan sistem elektronika. Alternatif bahan bakar seperti *solar energy*, *heat pumps*, air panas yang telah didaur ulang, dan energi geothermal biasanya digunakan sebagai tenaga cadangan dan dapat dikombinasikan dengan gas, listrik atau minyak.

Tabel 2.3 Jenis-jenis Heater [2]

Jenis Heater	Sifat Benda yang Dipanaskan	Memanaskan / Membuat
Tubular Straight, Multiform	Padat	Direkatkan pada dies, moulds, heat sealing tools, dll.

Tubular Straight, Multiform	Cair	Air, minyak, plating, aspal, garam, wax, paraffin, dll
Tubular	Permukaan benda Padat	Drying, baking, kain, plastic, makanan, ruangan, metal, resin,dll.
Immersion Heater	Cair	Air, minyak, plating, aspal, garam, wax, paraffin, dll
Finned Heater	Gas	Menghangatkan oven, ruangan, mengeringkan, duct udara, dll.
In - Line	Cair, Gas	Air, menaikkan temperature ketel, memanaskan minyak sebelum dike;uarkan ke mesin burner, dll.

2.3 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 pada 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. Pada pembakaran 1 kg minyak akan terbebas kira-kira 45 MJ. [2]

Kaor mengalir dengan sendirinya dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah. Akan tetapi, gaya dorong untuk aliran ini adalah perbedaan suhu. 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.

Hukum kekekalan energi menyatakan bahwa energi tidak musnah yaitu seperti hukum asas yang lain, contohnya hukum kekekalan masa dan momentum, ini artinya kalor tidak hilang. Energi hanya berubah bentuk dari bentuk yang pertama ke bentuk yang ke dua. Bila diperhatikan misalnya jumlah energi kalor api unggun kayu yang ditumpukkan, semua ini menyimpan sejumlah energi dalam yang ditandai dengan kuantitas yang lazim disebut muatan kalor bahan. Apabila api dinyalakan, energi termal yang tersimpan di dalam bahan tadi akan bertukar menjadi energi kalor yang dapat kita rasakan. Energi kalor ini mengalir jika terdapat suatu perbedaan suhu. Bila diperhatikan sebatang logam yang dicelupkan ke dalam suatu tangki yang berisi air kalor. Karena suhu awal logam ialah T_1 dan suhu air ialah T_2 , dengan $T_2 \gg T_1$, maka logam dikatakan lebih dingin daripada air. Hal yang penting dalam sistem yang terdiri dari air dan logam ialah adanya suatu perbedaan suhu yang nyata yaitu $(T_2 - T_1)$. [2]

Kalor dapat terjadi dengan tiga macam cara yaitu:

1. Pancaran, sering juga dinamakan radiasi.
2. Hantaran, sering juga disebut konduksi.
3. Aliran, sering juga disebut konveksi.

2.3.1 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi dapat dikelompokkan kepada dua bagian:

1. Konveksi bebas/alamiah

- Contohnya adalah pemanasan aliran udara yang melalui radiator, pemanasan air dalam ketel.
- Fluida panas yang menerima panas akan naik ke atas, kekosongan tempat massa fluida yang telah naik diisi oleh massa fluida yang bersuhu rendah.
- Aliran fluida terjadi akibat perbedaan densitas, dan perbedaan densitas akibat adanya gradien suhu di dalam massa fluida itu.

2. Konveksi paksa

- Jika aliran fluida digerakkan oleh piranti mekanik seperti pompa dan pengaduk.
- Aliran/perpindahan panas tidak bergantung pada gradien densitas.
- Contohnya aliran kalor melalui pipa panas.

2.4 SOLID STATE RELAY (SSR)

SSR merupakan aplikasi pada pengisolasian rangkaian control tegangan rendah dari rangkaian beban daya tinggi. SSR adalah sebuah saklar elektrik, tidak seperti saklar elektromekanik, SSR tidak memiliki bagian yang bergerak. Ada beberapa tipe SSR yaitu *photo coupled SSR*, *transformer coupled SSR* dan *hybrid SSR*. *Photo coupled SSR* dikendalikan oleh sinyal tegangan *low*. Rangkaian internal tidak akan diperlihatkan dan hanya hubungan input dan output pada SSR tersebut.

2.4.1 OPERASI

Tegangan yang digunakan pada rangkaian SSR mengakibatkan *LED* menyinari *photo-sensitive* dioda. Hal ini akan menghasilkan tegangan diantara *MOSFET* dengan *gate* dan mengakibatkan *MOSFET* dalam kondisi *on*. SSR terdiri dari *MOSFET* tunggal atau yang terdiri dari beberapa *MOSFET*. Solid state relay dapat digunakan untuk mengontrol beban ac atau dc. Tegangan kontrol untuk SSR dapat arus searah atau bolak-balik, dan biasanya berkisar antara 3 sampai 32 volt untuk versi dc dan 80 sampai 280 volt untuk versi ac. Ampere rangkaian beban maksimum mencapai 50 A.

2.4.2 KEUNTUNGAN SSR

- *SSR* Lebih cepat dari saklar elektromekanik. Waktu untuk perubahan kondisi tergantung waktu yang diinginkan
- Lebih awet, karena tidak ada bagian yang bergerak secara mekanik.
- Lebih bersih.
- Mengurangi noise elektrik ketika berubah kondisi.
- Dapat digunakan pada lingkungan yang tidak boleh terjadi bunga api.
- Sunyi dalam perubahan kondisi.
- Lebih kecil dari saklar mekanik yang saling berhubungan.

2.4.3 KERUGIAN SSR

- Lebih mudah rusak ketika terjadi hubungan pendek.
- Menambah noise elektrik ketika terjadi konduktansi.
- Sewaktu kondisi *close*, impedansi lebih besar akibatnya akan menghasilkan panas.
- Sewaktu kondisi *open*, impedansinya lebih kecil.
- Terjadi kebocoran arus balik sewaktu kondisi *open*.
- Kemungkinan adanya kegagalan berubah kondisi ketika waktu tegangannya singkat.
- Lebih mahal harganya dibandingkan saklar elektromekanik.

BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing *hardware* yang digunakan penulis dalam penyusunan alat rancang bangun penggorengan makanan dengan temperatur terkendali.

3.1 Perancangan *Hardware*

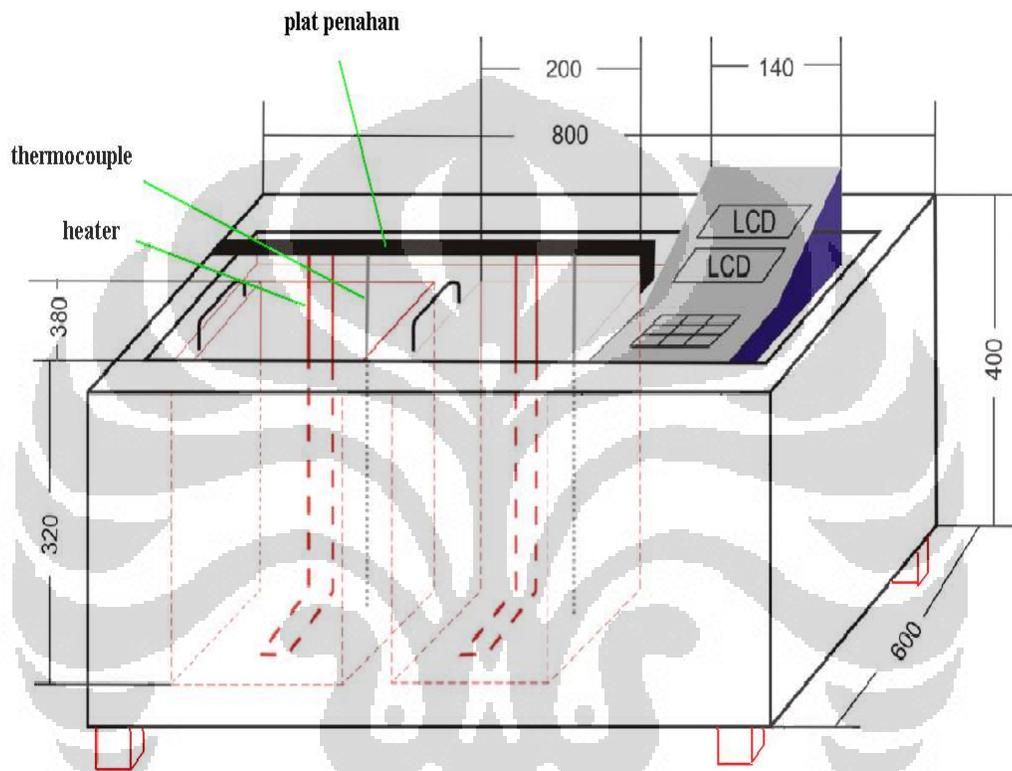
Pada alat ini, penulis menggunakan bahan stainless steel untuk membuat bak. Alasan menggunakan stainless steel disini adalah karena bahan tersebut dapat menahan panas yang cukup tinggi yaitu kira-kira sampai 1000 °C dan juga stainless steel juga tahan terhadap bahan-bahan kimia. selain itu stainless steel juga anti karat sehingga kita tidak perlu khawatir akan rusaknya mekanik tersebut. Kelemahan dari penggunaan stainless steel adalah biaya yang diperlukan cukup mahal. Apa lagi untuk stainless steel tipe – tipe yang biasa digunakan sebagai peralatan laboratorium Kimia.

Dan stainless steel itu adalah bahan yang sangat baik untuk meresap panas jadi untuk menghindari aliran panas yang dihasilkan oleh heater keluar, maka penulis membuat suatu lapisan tahan panas yang terbuat dari bahan glasswol. Adapun gambar dibawah ini adalah gambar keseluruhan dari alat yang penulis buat.

Rancangan sistem penelitian ini mempunyai suatu kerja di dalam sistem tersebut dan dibuatlah rancangan dari kerja sistem tersebut dalam suatu blok diagram agar dapat mempermudah cara kerja dari dari sistem kerja tersebut. Blok diagram tersebut dapat dilihat pada gambar 1.1.

3.1.1 Perancangan Mekanik

Untuk membuat alat ini banyak hal yang harus diperhatikan. Karena mengingat tujuan alat ini adalah untuk menggoreng. Jadi, bahan-bahan yang digunakan harus tahan dengan panas dan tidak bereaksi dengan bahan kimia. Berikut ini adalah Perancangan mekanik yang dibuat penulis sebelum melakukan pembuatan mekanik dari alat ini:



Gambar 3.1 Perancangan mekanik

Setelah membuat *design* atau contoh bentuk dari mekanik ini maka penulis memutuskan untuk membuat bak dengan menggunakan bahan *stainless*. Bahan tersebut dipilih karena tahan terhadap panas dan bahan kimia. Bak ini juga memiliki ukuran yang cukup besar, hal ini dikarenakan untuk membuat suatu sistem temperatur yang terkontrol maka dibutuhkan suatu alat yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi. Bak dalam dari alat ini memiliki ukuran:

panjang = 38cm
 lebar = 20cm
 tinggi = 32cm.

Sedangkan untuk bak pada bagian luar digunakan bahan besi dengan ukuran:

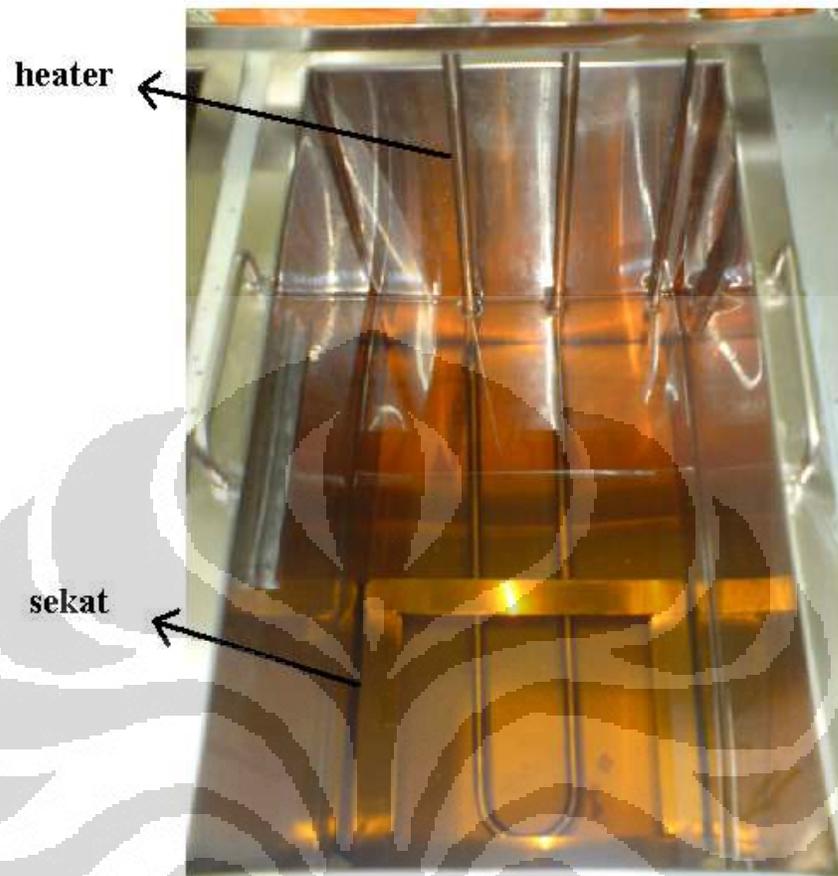
panjang = 80cm
lebar = 60cm
tinggi = 40cm.

Agar panas tidak keluar dari sekeliling bak, maka dibutuhkan sebuah isolator panas. Oleh karena itu, penulis menggunakan *glasswol* pada keliling bak dalam dan *glasswol* menjadi pembatas antara bak dalam dan bak luar. *glasswol* diberi sebanyak 5cm pada keliling bak. Dan karena alat ini menggunakan minyak untuk menggoreng, jadi tempat untuk keypad dan LCD dipakai box untuk menyimpan semua rangkaian untuk alat tersebut serta dipasang lebih tinggi dari bak untuk tempat menggoreng karena takut akan terkena minyak ataupun uap panas dari minyak tersebut. Karena takut akan terkena uap panas dari minyak, perancangan dari mekanik tersebut ditambahkan dengan menambahkan tutup untuk keypad dan LCD. Untuk LCD digunakan akrilik yang bening dan untuk keypad digunakan bahan stainless dan dipasangkan engsel dibagian kanan agar dapat dibuka pada saat ingin mengatur alat tersebut.

3.1.2 Heater

Pada alat ini, digunakan 2 buah *heater*. Pada masing-masing *heater* yang digunakan memiliki tegangan 1500watt, karena *heater* disini untuk memanaskan minyak maka digunakan jenis *heater* Tubular Straight. Pada alat ini, *heater* yang digunakan berbentuk seperti huruf L. *Heater* tersebut diletakkan disamping kiri dari Thermocouple dengan jarak 5cm. Untuk menahan *heater*, maka digunakan *stainless* sebagai penyangga pada ujung dari *heater* tersebut. Untuk menyalakan *heater* ini digunakan alat bantu *Solid State Relay* (SSR) yang berfungsi untuk mengatur daya yang akan dikeluarkan oleh *heater* sehingga temperatur dapat dikendalikan.

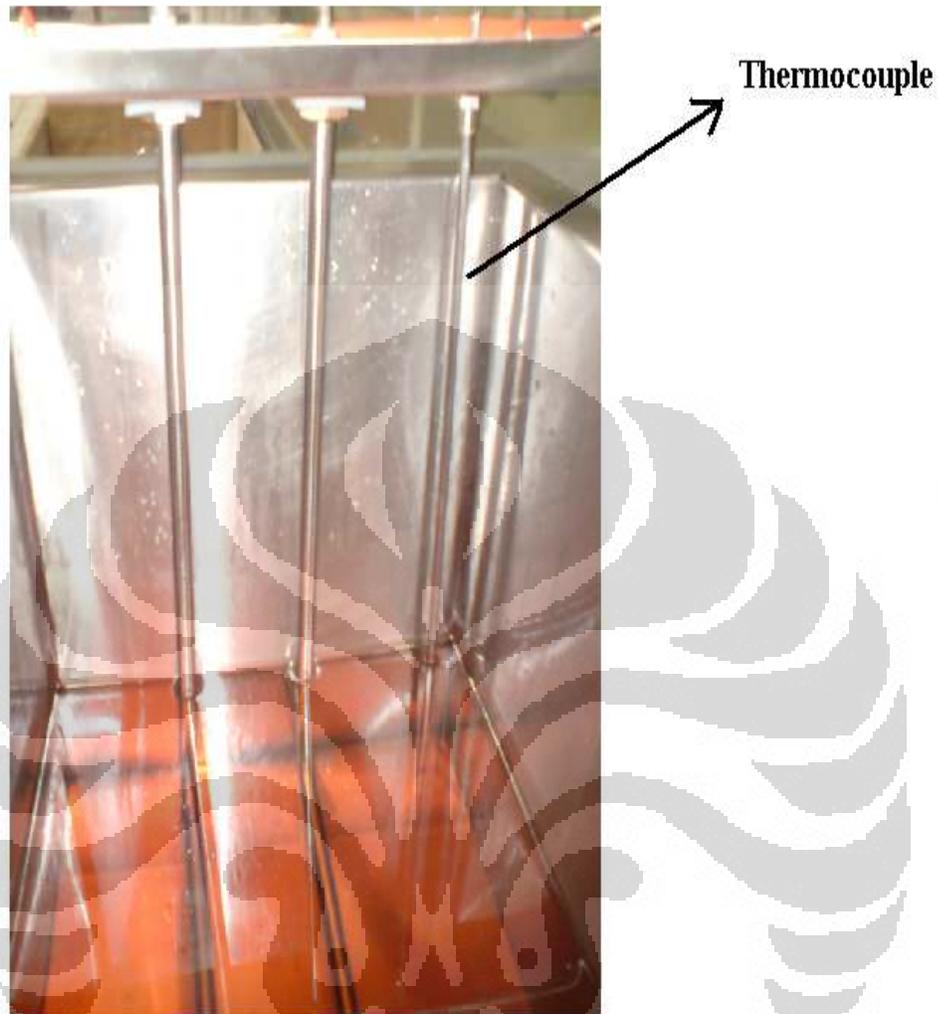
Dan diantara basket atau tempat untuk menggoreng bahan makanan dengan *heater* diberi sebuah sekat untuk tidak dapat bergesekan antara *heater* dengan basket untuk menggoreng. Karena jika basket penggoreng ini bergesekan atau menyentuh *heater*, maka basket tersebut akan mengalami konduksi panas atau rambatan panas secara langsung dengan *heater* yang memiliki tegangan sampai 1500 watt.



Gambar 3.2 Heater dan Sekat

3.1.3 Thermocouple

Thermocouple yang digunakan pada alat ini adalah *Thermocouple* tipe K, dimana *thermocouple* tipe K memiliki rentang suhu antara $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. *Thermocouple* diletakkan diantara *heater* dengan jarak 5cm di samping kanan *heater*. Panjang dari *Thermocouple* tersebut adalah 30cm dan memiliki kabel dengan panjang 90cm pada bak 1 dan 80cm pada bak 2. *Thermocouple* ini dihubungkan dengan microcontroller untuk kemudian digunakan sebagai termometer digital.



Gambar 3.3 *Thermocouple* yang digunakan

Cara kerja dari alat ini adalah ini ketika power dinyalakan maka keypad akan menunggu hingga mendapatkan perintah untuk mengatur set point sesuai dengan temperatur yang diinginkan. Kemudian microcontroller akan memberikan perintah ke relay untuk mengeluarkan daya sesuai dengan yang diminta, sehingga *heater* hanya mengeluarkan daya sesuai dengan permintaan relay, karena daya telah diberikan pengendalian maka nilai temperatur hampir sama dengan nilai set point.

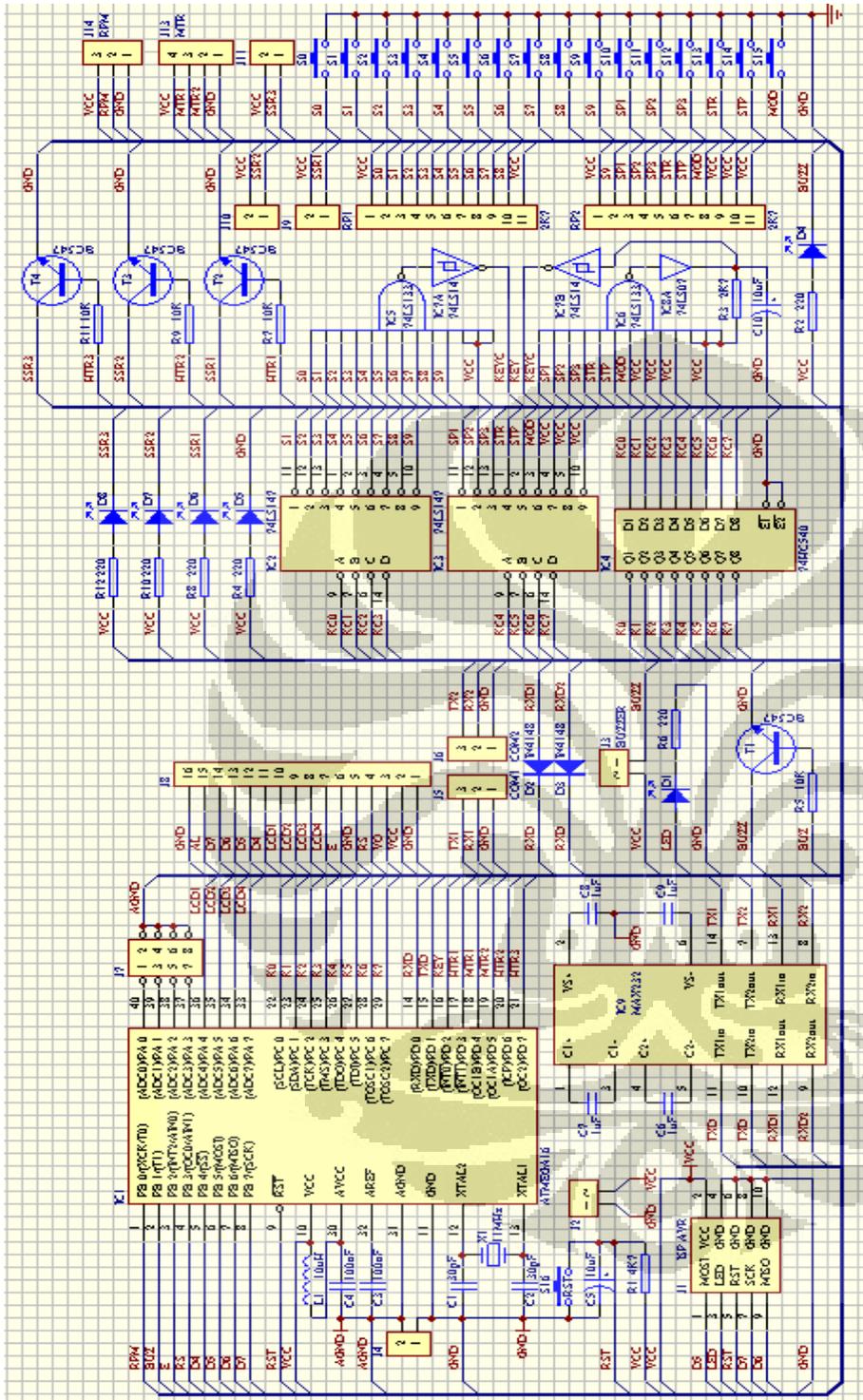
3.2 Cara Kerja Sistem

Pada alat ini, penulis menggunakan mikrokontroler sebagai alat untuk mengatur set point temperatur pada minyak dan daya yang terdapat pada heater akan diatur oleh Solid State Relay (SSR). Sensor yang digunakan untuk mengukur suhu adalah *Thermocouple* yang nantinya akan ditampilkan dalam LCD.

3.2.1 Rangkaian Minimum Sistem

Mikrokontroler adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: Alamat (*address*), Data, Pengendali, Memori (*RAM* atau *ROM*), dan bagian *input-Output*. 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. Mempunyai ADC dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-System Programmable Flash on-chip yang mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI.

Rangkaian minimum sistem yang digunakan penulis pada tugas akhir ini yaitu menggunakan mikrokontroler AVR. Rancangan rangkaian minimum sistem ini sebagai berikut :



Gambar 3.4 Rangkaian Minimum Sistem

3.2.2 Rangkaian Thermocouple

Thermocouple merupakan sensor termal yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan panas/temperatur/suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. *Thermocouple* ini hanya memerlukan satu sumber energi (*self generating transducer*) dimana dapat menghasilkan suatu energi listrik secara langsung sehingga berperan sebagai sumber tegangan.

Thermocouple pada tugas akhir ini mempunyai dua buah kabel dengan bahan material yang berbeda satu sama lainnya. *Thermocouple* pada alat ini yaitu untuk mendeteksi temperatur pada minyak didalam bak. Rangkaian ini menggunakan sebuah sensor yaitu LM35. Sensor ini kemudian dari sebuah *Thermocouple* ini *output* tegangan akan masuk ke dalam rangkaian pengkondisi sinyal yang berupa penguat *op-amp*. Pada penguat *op-amp* disini menggunakan TL082 dan TL081.

3.2.2.1 Kalibrasi *Thermocouple*

Termokopel sebelum digunakan perlu di kalibrasi terlebih dahulu. Agar mendapat nilai yang diinginkan, oleh karena itu, *thermocouple* ini menggunakan rangkaian cold junction untuk dapat mengkalibrasinya.

Yang pertama dilakukan adalah melihat suhu yang terdapat pada ruangan, setelah itu melihat suhu pada titik didih minyak. Dan suhu yang terukur pada ruangan adalah sebesar 30°C dan suhu titik didih minyak adalah sebesar 200°C. Setelah itu antara suhu titik didih minyak dikurangi dengan suhu ruangan dan didapatkan 170°C. dan barulah mengatur offset nul pada vr2, vr4 hingga keluaran pada ic tlo81 adalah nol. Dan J1&J4 dihubung singkat dengan kabel agar ouput tidak berosilasi. J3&J6 dihubungkan dengan jumper harddisk lalu atur keluaran dengan memutar VR1 dan VR3 agar keluaran sama dengan suhu yang diukur. Untuk rumusan pengukuran yang digunakan adalah

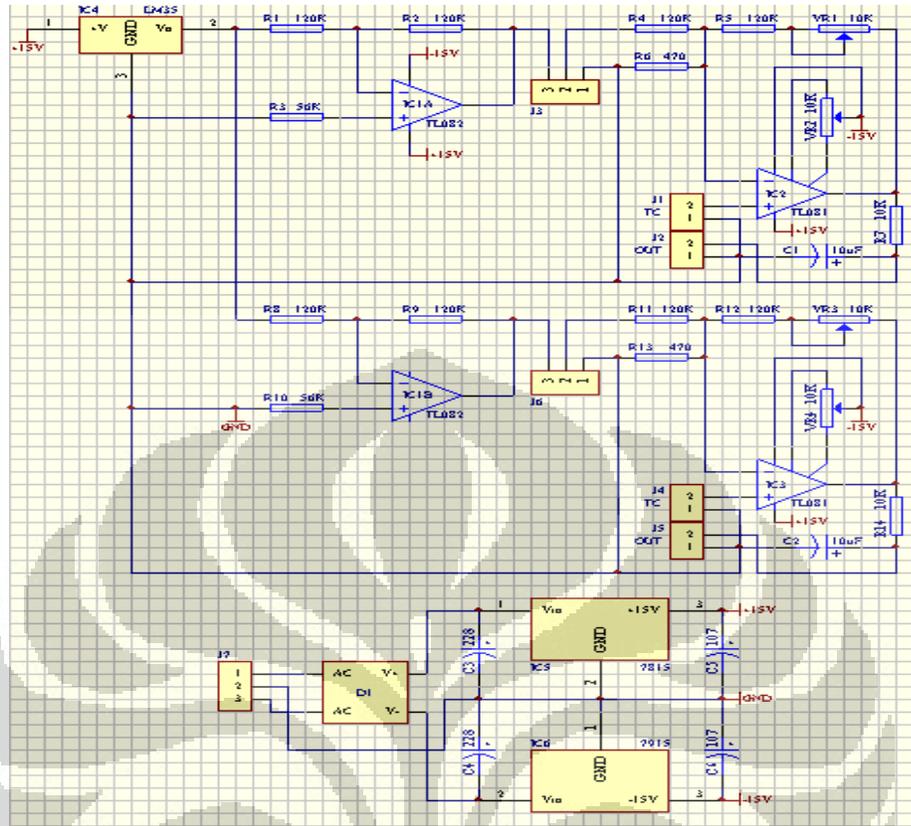
$$(T2-T1) \times 10\text{mv}^1 \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

T2= suhu benda yang akan diukur

T1= suhu ruang

¹ Keluaran dari LM35 yaitu sebesar 10mv/°C



Gambar 3.5 Rangkaian *Thermocouple*

Telah disebutkan sebelumnya bahwa, rangkaian pengkondisi sinyal ini menggunakan rangkaian komparator *op-amp*. Rangkaian ini berfungsi untuk membandingkan suhu atau temperatur yang dihasilkan oleh *Thermocouple* dalam bak. setelah data-data temperatur tersebut diolah oleh rangkaian pengkondisi sinyal ini maka *output* dari rangkaian ini akan diolah oleh mikrokontroler melalui port ADC pada mikrokontroler tersebut. Semakin tinggi temperatur pada bak yang akan ditangkap oleh *Thermocouple* maka semakin besar tegangan yang dihasilkan.

3.2.3 Rangkaian *Power Supply*

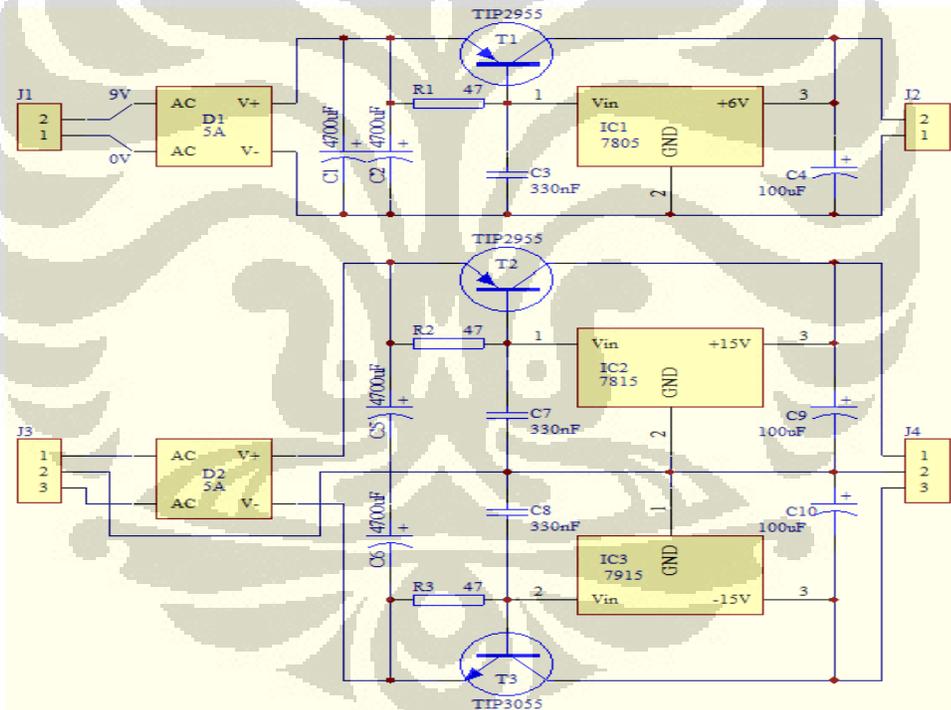
Rangkaian yang digunakan pada pembuatan tugas akhir ini mempunyai 2 buah *supply*, yakni *supply* tegangan 5V dan $\pm 15V$. Sumber tegangan 5V digunakan sebagai *supply* untuk rangkaian *digital* serta mikrokontroler. Sedangkan sumber tegangan $\pm 15V$ digunakan sebagai *supply* untuk rangkaian *analog*.

Pada rangkaian tegangan 5V, menggunakan rangkaian 7805 sebagai penghasil tegangan 5V. Rangkaian ini menggunakan 1 jenis transistor TIP 2955 sebagai penambah daya *output*. Rangkaian ini pun menggunakan sebuah *bridge*

untuk mengubah tegangan AC menjadi DC. Sumber untuk rangkaian ini menggunakan trafo 9V.

Pada rangkaian tegangan $\pm 15V$, menggunakan rangkaian 7815 serta 7915 sebagai penghasil tegangan $\pm 15V$. Untuk penghasil 15V menggunakan 7915 sedangkan sebagai penghasil $- 15V$ menggunakan 7915. Rangkaian ini menggunakan 2 buah jenis transistor TIP yakni TIP 2955 serta TIP 3055, kedua jenis transistor ini mempunyai fungsi yang sama sebagai penambah daya pada tegangan *output*. Hanya saja kedua transistor ini berbeda pada polarisasinya yakni TIP 2955 yaitu NPN sedangkan TIP 3055 yaitu PNP. Rangkaian ini pun menggunakan sebuah *bridge* sebagai pengubah tegangan AC menjadi DC.

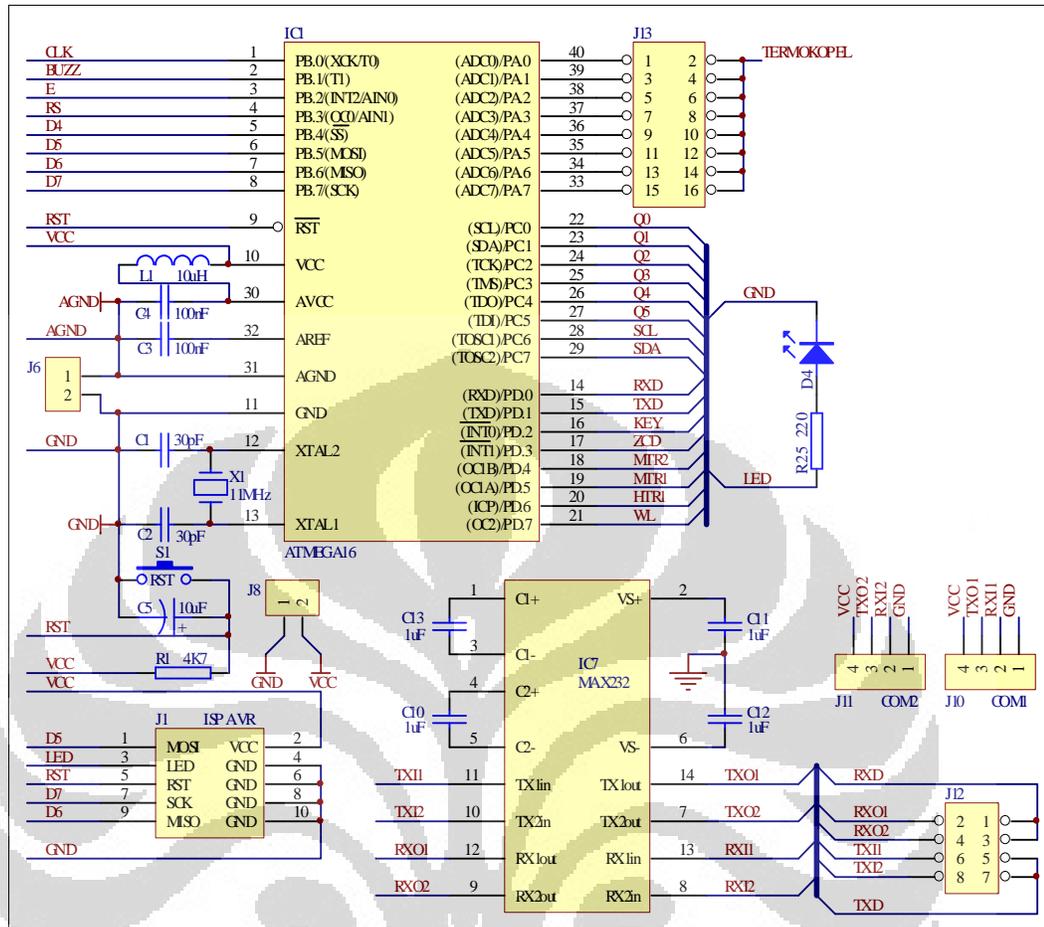
Adapun gambar rangkaian dari rangkaian *power supply* yang digunakan sebagai berikut:



Gambar 3.6 Rangkaian Power Supply

3.2.4 Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16

Rangkaian minimum sistem yang digunakan penulis pada tugas akhir ini yaitu menggunakan mikrokontroler AVR tipe ATMEGA 16. Rancangan rangkaian minimum sistem ini sebagai berikut :



Gambar 3.7 Rangkaian Minimum Sistem ATMEGA 16

Mikrokontroler adalah suatu piranti yang digunakan untuk mengolah data-data biner (digital) yang didalamnya merupakan gabungan dari rangkaian-rangkaian elektronik yang dikemas dalam bentuk suatu *chip* (IC). Pada umumnya mikrokontroler terdiri dari bagian-bagian sebagai berikut: Alamat (*address*), Data, Pengendali, Memori (*RAM* atau *ROM*), dan bagian *input-Output*. 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. Mempunyai 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 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit daya-rendah berbasis arsitektur RISC yang ditingkatkan.

Kebanyakan instruksi dikerjakan pada satu siklus clock, ATmega16 mempunyai throughput mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.

Inti dari AVR adalah mengkombinasikan set banyak instruksi dengan 32 register yang bekerja untuk tujuan umum. Keseluruhan 32 register tersebut secara langsung dihubungkan ke ALU (Arithmetic Logic Unit), memungkinkan 2 register yang berdiri sendiri untuk diakses dalam satu eksekusi instruksi dalam tiap 1 clock cycle. Hasil arsitekturnya adalah kode yang lebih efisien tetapi mampu mencapai keluaran sampai 10 kali lebih cepat dibandingkan mikrokontroler CISC konvensional.

ATmega16 menyediakan fitur-fitur sebagai berikut : 16K byte ISP flash Program Memory dengan kemampuan membaca sambil menulis. 512 byte EEPROM, 1 K byte SRAM, 32 baris I/O general purpose, 32 general purpose register, interface JTAG untuk mendeteksi batas (boundary-scan). Mendukung debug dan programn-chip, mempunyai 3 timer/counter yang fleksibel dengan mode perbandingan, interrupt internal dan eksternal, serial programmable USART, interface 2 kabel, byte yang berorientasi pada serial interface 2 kable, 8 channel, 10 bit ADC dengan pilihan input yang berbedaesuai pemrograman (hanya paket TQFP), timer watchdog yang bias deprogram dengan internal oscillator, port serial SPI, dan 6 software mode penyimpanan daya yang bisa dipilih. Idle mode menghentikan CPU ketika mengijinkan USART, interface 2 kabel (two-wire), D/D converter, SRAM, Timer/counter, port SPI, dan system interrupt untuk melanjutkan kerjanya. Mode power-down menyimpan isi register tetapi membekukan oscillator, men-disable semua kerja chip yang lain sampai eksternal interrupt selanjutnya atau ada reset pada hardware. Pada mode penyimpanan daya, timer asinkron terus berjalan, mengijinkan user mengatur dasar waktu ketika sisa device lainnya berhenti. Mode reduksi noise ADC menghentikan CPU dan semua modul I/O kecuali timer asinkron dan ADC, untuk meminimalisasi men-switch noise selama proses konversi ADC. Pada mode stand by, crystal/resonator oscillator tetap berjalan pada saat sebagian device sisa sedang berhenti. Hal tersebut mengijinkan start-up yang sangat cepat dikombinasikan dengan konsepsi

daya rendah. Pada mode standby tambahan (Extended standby), kedua-duanya oscillator dan timer asinkron terus berjalan.

Device dibuat menggunakan teknologi memory nonvolatile high density Atmel. ISP flash on-chip memungkinkan memory program diprogram dalam system melalui interface SPI serial, dengan pemrograman memory nonvolatile konvensional, atau program boot yang berjalan pada inti AVR. Program boot dapat menggunakan interface apapun untuk mendownload program aplikasi pada flash memory aplikasi. Software pada bagian boot Flash akan terus berjalan ketika bagian application flash di-update, menyediakan operasi membaca ketika menulis. Dengan mengkombinasikan 8 bit RISC CPU dengan In-System Self-Programmable Flash dalam chip monolitik, atmel ATmega16 adalah microcontroller yang tangguh yang memberikan solusi dengan fleksibilitas yang tinggi dan biaya yang efektif untuk banyak aplikasi *control embedded*. ATmega16 AVR didukung dengan program yang lengkap dan tools pengembangan system, seperti : compiler C, macro assembler, program debugger/simulator, emulator dalam rangkaian dan kita evaluasi.

BAB 4

HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA DATA

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

- Pengujian *heater*
- Pengujian *thermocouple*
- Pengujian persamaan

4.1 Pengujian *heater*

Pengujian *heater* bertujuan untuk mengetahui kemampuan dari *heater* tersebut untuk memanaskan minyak. Pengujian ini dilakukan dengan cara memberikan power sebesar 100% melalui *microcontroller*. Dari hasil pengujian ini didapatkan hasil bahwa *heater* dapat memanaskan suhu pada minyak hingga 220°C. Untuk mengetahui temperatur dari *heater* maka digunakan termometer air raksa yang memiliki kemampuan untuk membaca temperatur hingga 360°C.

Karena pengujian heater disini sangatlah bagus bisa sampai 100%, disini kami menggunakan minyak curah yang murah, jadi hasilnya sangatlah tidak sesuai yang di harapkan. Pada saat menggoreng tidaklah matang secara keseluruhan tetapi hanya diluar saja yang matang tetapi tidak di dalam. Faktor minyak juga mempengaruhi penampilan luarnya. Karena jika menggunakan minyak yang sudah dipakai berkali-kali maka hasilnya akan terlihat, yang akan di goreng luarnya akan hitam dan gosong.

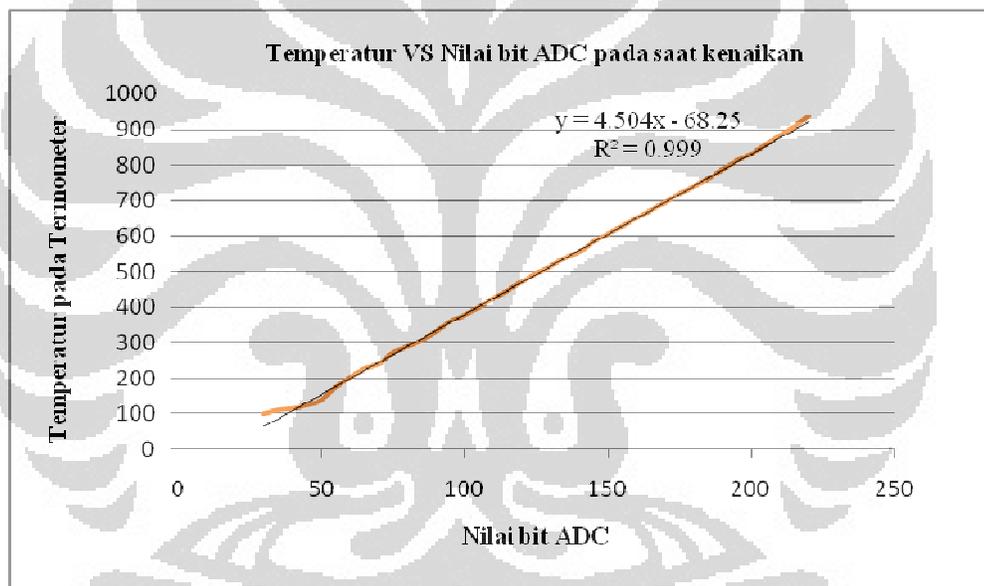
4.2 Pengujian *Thermocouple*

Pengujian *thermocouple* bertujuan untuk mengetahui berapa °C yang diukur oleh *thermocouple* bila pada *heater* diberikan 100%. Pengujian dilakukan dengan menggunakan minyak untuk mendapatkan *range* suhu hingga 220°C. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali percobaan dari 30°C hingga 220°C setiap

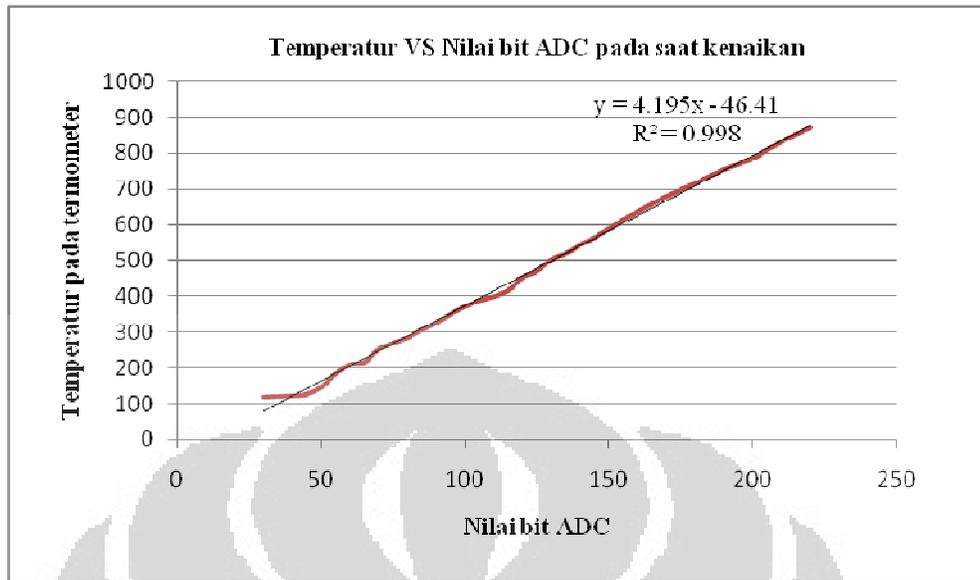
perubahan atau setiap kenaikan 5 °C. Pengukuran temperaturnya diukur dan dibandingkan oleh termometer digital dan akan keluar nilai ADC yang tampak dilihat di layar LCD.

Hal yang pertama kali dilakukan adalah menghubungkan semua rangkaian dengan mekanik yang akan diambil datanya, kemudian *heater* akan mengirimkan data ke rangkaian pengendali. Dan setiap kenaikan 5°C dilihat suhu temperatur di dalam 2 buah bak dan akan muncul nilai dari ADC setelah itu barulah dicatat, setiap kenaikan 5°C di catat pula nilai dari ADC tersebut.

Setelah percobaan dilakukan sebanyak 2 kali maka didapatkan grafik seperti dibawah ini :



Gambar 4.1 Grafik Temperatur naik pada LCD 1



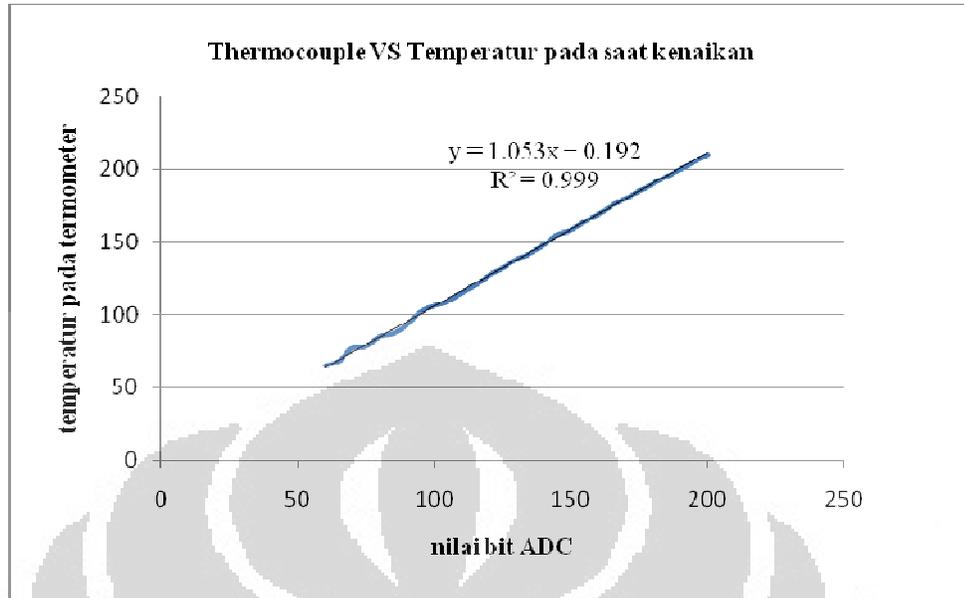
Gambar 4.2 Grafik Temperatur naik pada LCD 2

Gambar diatas merupakan grafik pada saat kenaikan sebesar 5°C dari suhu 30 °C sampai dengan 200 °C dengan menggunakan manual mode dan pada bak kedua dan akan menampilkan nilai bit ADC di layar LCD 2.

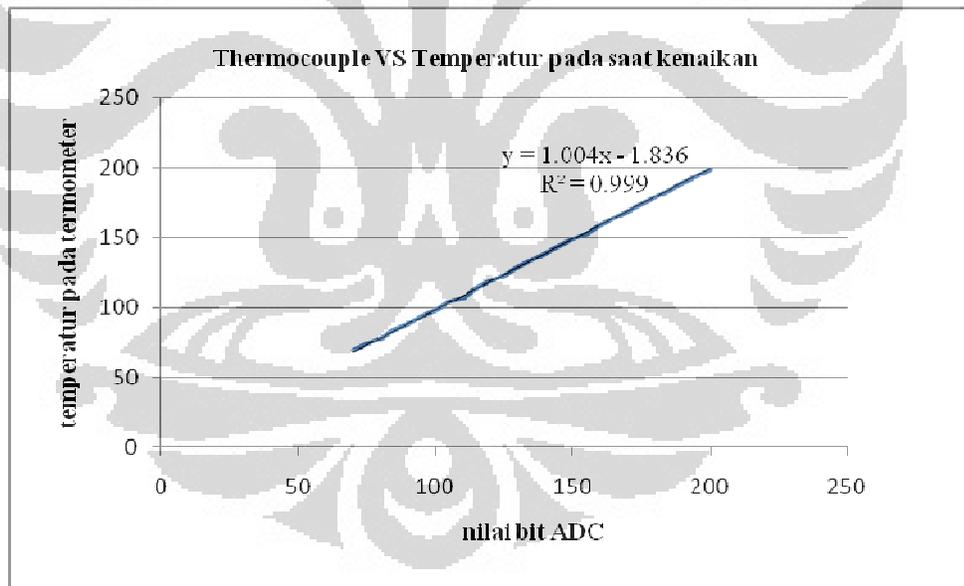
4.3 Pengujian Sistem

Setelah didapatkan persamaan, maka nilai dari persamaan itu di masukkan ke dalam program yang kemudian akan diujikan kembali untuk membuat *Thermocouple* menjadi termometer digital. Pengujian terhadap persamaan dilakukan dengan menaikkan suhu dari 30°C hingga 90°C setiap perubahan 5°C dengan kenaikan.

Maka didapatkan hasil seperti grafik dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur Naik pada LCD 1



Gambar 4.4 Grafik Persamaan Thermocouple VS Termometer Temperatur Naik pada LCD 2

dari grafik yang dihasilkan pada saat pengujian sistem persamaan antara *thermocouple* dan termometer didapatkan $R^2=0,999$, hal ini menunjukkan bahwa *thermocouple* tersebut telah dapat berfungsi dengan baik sebagai termometer digital.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

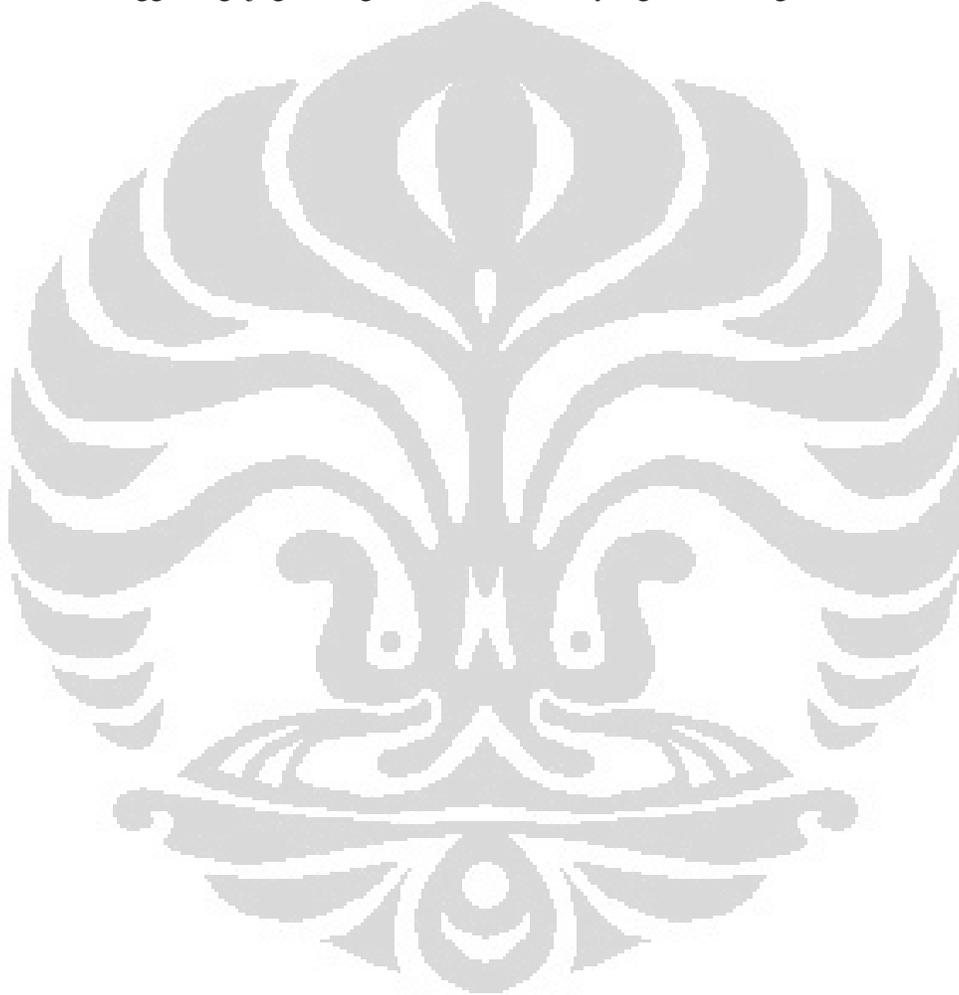
1. Jenis Thermocouple yang digunakan adalah tipe k.
2. Alat yang digunakan menggunakan 2 buah bak atau wadah dengan bahan stainless yang berukuran panjang = 38cm, lebar = 20cm dan tinggi = 32cm. Dan memiliki volume sebesar 24,32 liter.
3. Memakai 2 buah heater dengan daya masing-masing sebesar 1500 watt dan memiliki impedansi input sebesar 220 volt.
4. Minyak yang digunakan memiliki volume sebesar 9,12 liter.
5. Thermocouple pada alat ini telah bekerja dengan baik dan di dapatkan $R^2 = 0,998$.
6. Pada saat auto mode, dalam percobaan Thermocouple VS temperatur perbedaan suhu yang didapat pada bak 1 dan LCD 1 adalah sebesar 1°C. Dan 10°C pada bak 2 dan LCD 2.
7. Untuk rumusan pengukuran dalam kalibrasi Thermocouple adalah $(T_2 - T_1) \times 10\text{mv}$ dan mendapatkan hasil 1700mv/°C.
8. Semakin tinggi suhu maka semakin tinggi pula nilai bit ADC yang didapat.

5.2 Saran

Apabila ingin membuat suatu alat yang berfungsi untuk pengendalian temperatur sebaiknya menggunakan konstruksi yang tidak terlalu besar, karena hal ini sangat berpengaruh dalam hal waktu. Waktu yang dibutuhkan untuk menaikkan atau menurunkan suhu menjadi sangat lama akibat tempat yang terlalu besar dan

volume minyak yang terlalu banyak. Meskipun untuk mendapatkan pengendalian yang baik memang membutuhkan konstruksi yang besar.

Jika ingin berniat menggoreng sesuatu, maka pergunakanlah minyak yang bagus setidaknya yang layak dipakai. Jika minyak yang terpakai sudah tidak layak dipakai atau terlihat hitam ataupun saat memanaskan minyak tercium bau gosong, maka gantilah minyak tersebut. Karena dengan mengganti minyak tersebut, pada saat menggoreng juga menghasilkan masakan yang lebih diinginkan.



DAFTAR ACUAN

- [1] Saroyo, Ganijanti Aby. Seri Fisika Dasar Mekanika / Ganijanti Aby Saroyo
- Edisi Pertama - Jakarta : Salemba Teknika, 2002.
- [2] <http://www.ent.ohio.edu/~bobw/PDF/IntroRob.pdf>
- [3] Coughlin, Robert F, “*Operational Amplifiers And Linier Integrated Circuit*”, Prentice-Hall International, Inc, fourth edition, 1991.
- [4] Data sheet LM35DZ. National Semiconductor Corporation.
www.national.com. 2000.
- [5] Schers Paul, “*Practical Electronics for Inventors*”, The McGraw-Hill Companies, 2001.
- [6] Tokheim Roger L, “*Digital Electronics*”, Prentice-Hall International, Inc.
- [7] <http://www.omega.com>, Thermocouple introducing and theory, 12/6/2007,
24 : 24

Data percobaan pertama yang diukur pada temperature dan nilai kenaikan ADC :

Suhu (°C)	nilai bit ADC	nilai bit ADC
	LCD 1	LCD 2
30	100	118
35	111	120
40	115	122
45	125	126
50	139	145
55	175	182
60	202	209
65	227	215
70	240	251
75	272	269
80	289	284
85	307	307
90	332	325
95	360	350
100	378	371
105	400	388
110	425	399
115	447	416
120	472	452
125	496	470
130	515	503
135	539	519
140	556	543
145	584	564
150	607	588
155	628	614
160	651	636
165	674	658
170	695	679
175	720	698
180	740	715
185	761	736
190	788	754
195	812	769
200	832	784
205	857	809
210	883	832
215	908	853
220	937	871

Dan percobaan kedua adalah data yang diukur pada Thermocouple VS thermometer digital :

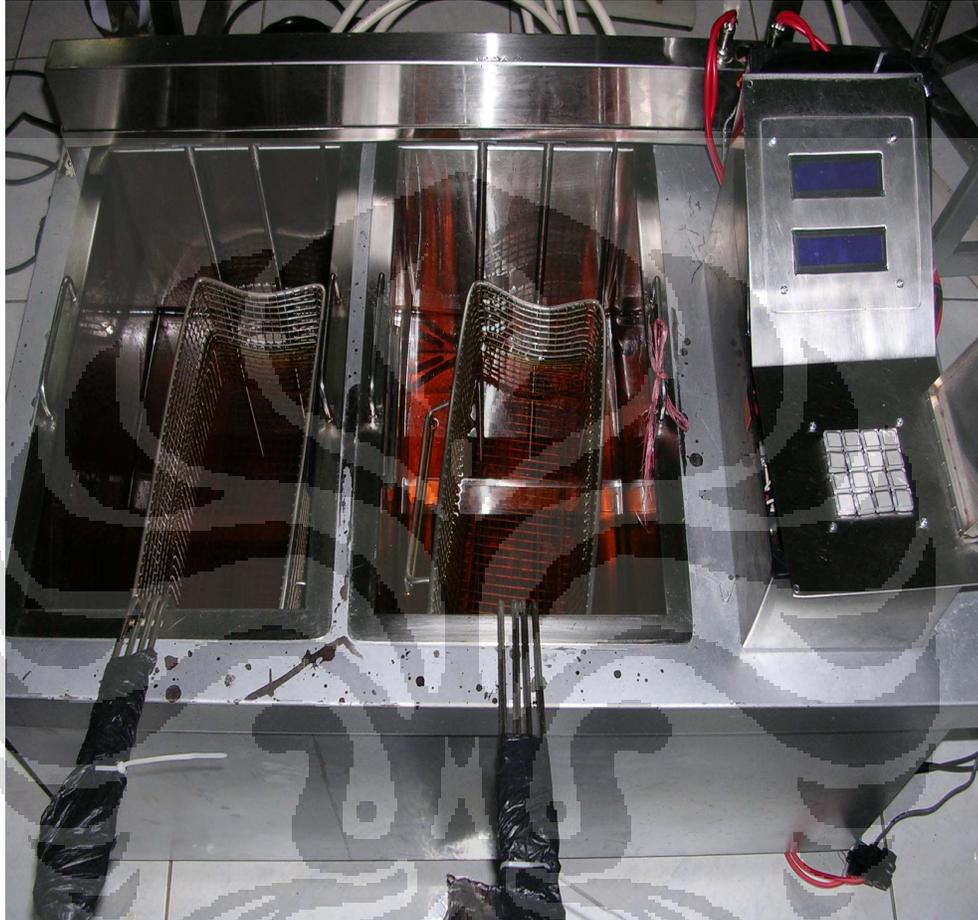
Suhu (°C)	nilai bit ADC	nilai bit ADC
	LCD 1	LCD 2
60	65	59
65	68	64
70	77	69
75	78	74
80	85	78
85	87	84
90	93	88
95	102	94
100	106	98
105	109	104
110	115	107
115	120	114
120	127	119
125	132	123
130	138	129
135	142	134
140	148	139
145	155	144
150	158	149
155	164	153
160	169	159
165	175	164
170	180	169
175	185	174
180	190	179
185	195	184
190	200	189
195	205	194
200	210	199

Foto alat penggorengan makanan dengan temperature terkendali:

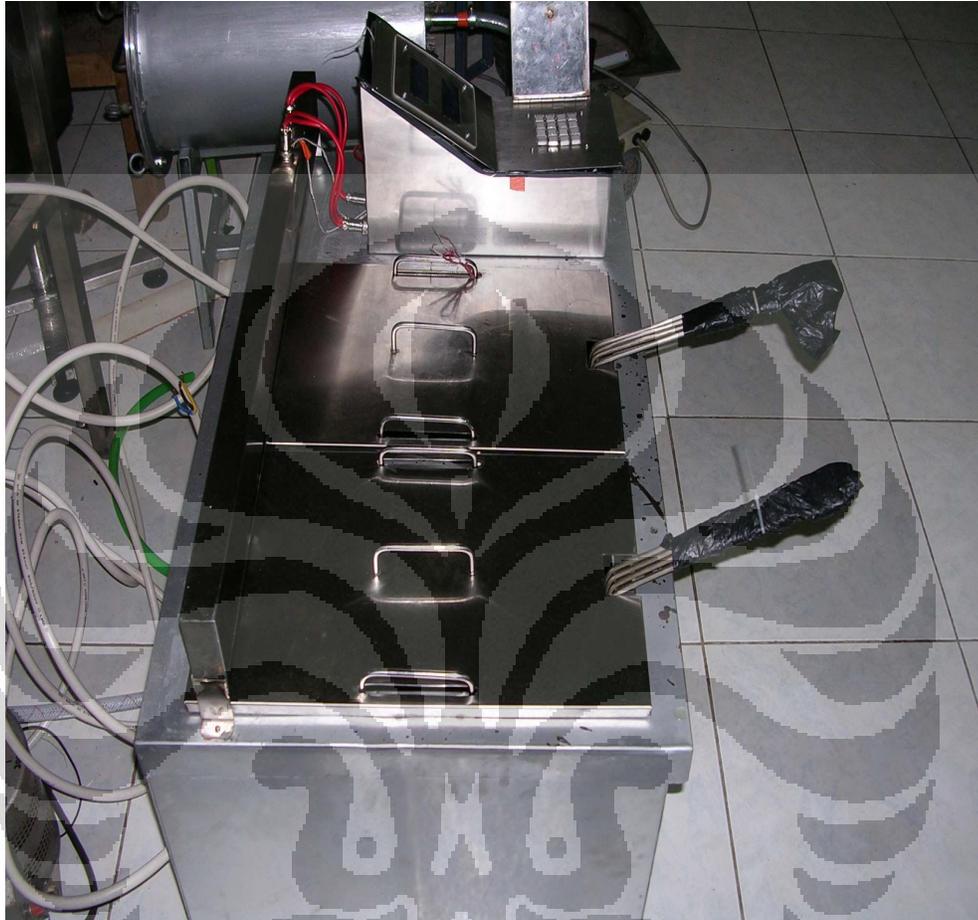
Tampak Depan



Foto pada waktu tutup dilepas



Tampak Samping



Tampak Atas

