



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM KENDALI PROSES PEMBUATAN SUSU KEDELAI
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER**

TUGAS AKHIR

**MEGY ARMADA PUTRA
0706229025**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM STUDI D3 FISIKA INSTRUMENTASI INDUSTRI
DEPOK
2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM KENDALI PROSES PEMBUATAN SUSU KEDELAI
OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md)
pada program studi Diploma 3 Fisika Instrumentasi Industri
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**MEGY ARMADA PUTRA
0706229025**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN FISIKA
PROGRAM STUDI D3 FISIKA INSTRUMENTASI INDUSTRI
DEPOK
2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Laporan Tugas Akhir ini adalah karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan benar

Nama : MEGY ARMADA PUTRA

NPM : 0706229025

Tanda Tangan : 

Tanggal : 16 Juli 2010

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Megy Armada Putra
NPM : 0706229025
Program Studi : D3 Fisika Instrumentasi Industri
Judul Tugas Akhir : Sistem Kendali Proses Pembuatan Susu Kedelai Otomatis Berbasis Mikrokontroler

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md) pada Program Studi Diploma 3 Instrumentasi Industri, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : **Drs. Lingga Hermanto, M.Si** ()

Penguji I : **Dr. Sastra Kusuma Wijaya** ()

Penguji II : **Dr. Santoso Soekirno** ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 16 Juli 2010

KATA PENGANTAR

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

Penyusunan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“SISTEM KENDALI PROSES PEMBUATAN SUSU KEDELAI OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER”** bertujuan untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan pendidikan program studi Diploma III Instrumentasi Industri, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia.

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

1. Dr. Prawito selaku Ketua Program Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA UI.
2. Drs. Lingga Hermanto, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Dosen-dosen pengajar Departemen Fisika Program 3 Instrumentasi Elektronika dan Industri FMIPA UI.
4. Pak Parno yang telah membantu dan memberikan masukan terhadap penulis di Bengkel Mekanik.
5. Pengurus sekretariat D3 instrumentasi yang telah banyak membantu mengenai segala urusan administrasi.
6. Kedua Orang tuaku yang tercinta, serta kakak dan abangku tersayang beserta seluruh keluarga tercinta yang telah memberi dukungan moril, materil dan doa selama ini.

7. Rekan kerja TA yang senasib, sepejuangan, dan se penderitaan M. Hardito (Chris Jhon) terima kasih atas kerjasamanya baik moril maupun materil.
8. Teman-teman sepejuangan instrumentasi angkatan 2007 yang selalu mendukung saya.

Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan skripsi ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki penulis, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penyusunan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga penyusunan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, 16 Juli 2010

Penulis

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

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

Nama : Megy Armada Putra
NPM : 0706229025
Program Studi : Diploma 3 Fisika Instrumentasi Industri
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 :

***SISTEM KENDALI PROSES PEMBUATAN SUSU KEDELAI OTOMATIS
BERBASIS MIKROKONTROLER***

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif 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 Juli 2010

Yang menyatakan



(Megy Armada Putra)

ABSTRAK

Nama : Megy Armada Putra
Program Studi : D3 Instrumentasi Industri
Judul : Sistem Kendali Proses Pembuatan Susu Kedelai Otomatis
Berbasis Mikrokontroler

Telah dibuat suatu sistem kendali proses pembuatan susu kedelai yang dirancang untuk membuat susu kedelai murni secara otomatis dengan tepat dan cepat melalui kendali mikrokontroler. Pada sistem ini terdiri dari sensor temperatur yang berfungsi untuk mendeteksi temperatur selama proses perebusan terjadi agar panas yang dihasilkan oleh pemanas (*heater*) tidak melampaui suhu yang diinginkan (*set point*). Alat ini juga menggunakan sensor inframerah-fotodioda sebagai sensor level yang berfungsi untuk mendeteksi level cairan susu kedelai dalam gelas takaran sehingga proses pengisian susu kedelai dari wadah panci sampai ke wadah gelas minum dapat berjalan dengan baik. Semua tahapan proses dalam pembuatan susu kedelai dikendalikan oleh mikrokontroler. Setiap proses yang sedang terjadi akan ditampilkan melalui tampilan *display* LCD.

Kata Kunci: Mikrokontroler, Inframerah-Fotodioda, *Set Point*

ABSTRACT

Name : Megy Armada Putra
Study Program : D3 Fisika Instrumentasi Industri
Tittle : Control System Manufacturing Process Automatic
Soybean Milk Based Microcontroller

Has created a system of control of the process of making soy milk that is designed to create a pure soy milk automatically with accuracy and speed through the control of the microcontroller. This system consists of temperature sensors used to detect the temperature during the boiling process occurs so that the heat generated by the heater (heater) does not exceed the desired temperature (set point). This tool also uses an infrared sensor photodiode as the sensor-level function to detect liquid level in a glass of soy milk so that the process of filling quantities of containers of soy milk into the pan until the drinking glass containers can be run well. All stages of the process in the manufacture of soy milk is controlled by the microcontroller. Each process is going on display will be displayed through the LCD display.

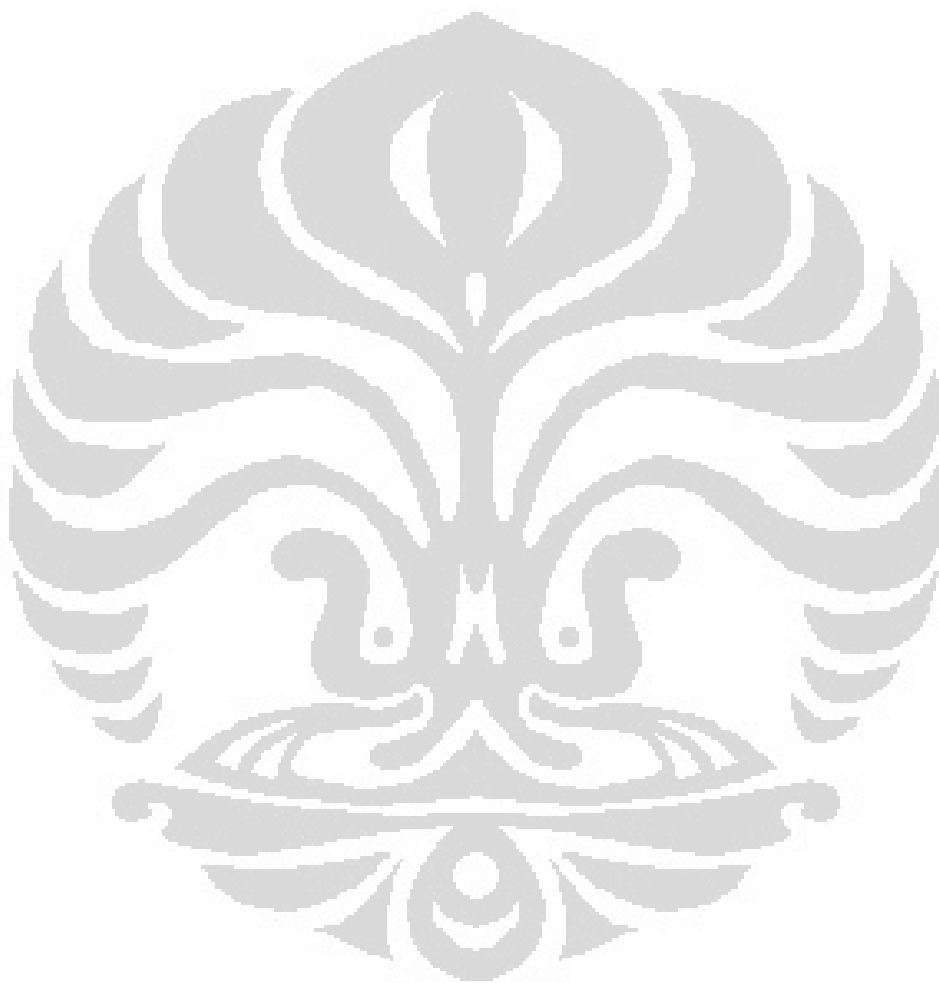
Key Words: Microcontroller, Infrared-Photodiode, Set Point

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Deskripsi Singkat	2
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Metodologi Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2. LANDASAN TEORI	7
2.1 Motor AC	7
2.1.1 Teori Motor AC	7
2.1.2 Motor Sinkron	7
2.1.3 Motor Induksi.....	8
2.2 <i>Solenoid Valve</i>	9
2.3 Sensor.....	10
2.3.1 Sensor Suhu IC LM 35.....	11

2.3.2 IR LED	14
2.3.3 <i>Photodioda</i>	15
2.4 Transformator.....	18
2.4.1 Dasar Teori Trafo.....	19
2.5 Relay	20
2.6 Mikrokontroler ATmega8535.....	20
2.6.1 Fitur ATmega8535	21
2.6.2 Konfigurasi ATmega8535	21
2.7 BASCOM AVR	26
2.6.1 Karakter Dalam BASCOM AVR.....	26
2.6.2 Tipe Data.....	27
2.6.3 Instruksi Dalam BASCOM AVR.....	27
BAB 3. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM	29
3.1 Perancangan Kerja Sistem.....	29
3.2 Perancangan Hardware.....	30
3.2.1 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535.....	30
3.2.2 Perancangan Rangkaian <i>Power Supply</i>	32
3.2.3 Perancangan Rangkaian LM35 Dan <i>Infrared-Photodioda</i>	33
3.2.4 Perancangan Rangkaian Relay.....	34
3.3 Perancangan Software.....	36
BAB 4. PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA	44
4.1 Pengujian Sensor LM35.....	44
4.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	46
4.3 Pengujian Sistem Pengukuran Temperatur Pada Alat	47
4.4 Pengujian Sensor <i>Infrared-Photodioda</i>	48
4.5 Pengujian <i>Solenoid Valve</i>	48
4.6 Pengujian ATmega8535	49
4.7 Pengujian Relay	49
4.8 Pengujian <i>Power Supply</i>	49
4.9 Pengujian Sistem Keseluruhan Alat.....	50

BAB 5. KESIMPULAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	53



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar. 1 Bagan Keseluruhan Sistem	4
Gambar. 2 Motor Sinkron	7
Gambar. 3 LM35 <i>Basic Temperature Censor</i>	12
Gambar. 4 Bentuk Fisik LM35	13
Gambar. 5 Spektrum Cahaya Dan Respon Mata Manusia.....	14
Gambar. 6 Konstruksi Dasar LED IR Dan Symbol LED IR	15
Gambar. 7 Grafik Hubungan Cahaya Output Dan LED IR Bias-Maju DC.....	15
Gambar. 8 <i>Photodiode</i>	16
Gambar. 9 Struktur Dari Photodiode	16
Gambar. 10 Karakteristik Photodiode.....	17
Gambar. 11 Bentuk Gulungan Trafo.....	19
Gambar. 12 Blok Diagram ATmega8535.....	22
Gambar. 13 Konfigurasi ATmega8535	23
Gambar. 14 Diagram Blok	29
Gambar. 15 Rangkaian Mikrokontroler	31
Gambar. 16 <i>Power supply</i>	32
Gambar. 17 Rangkaian LM35, Infrared Dan Photodiode.....	33
Gambar. 18 Rangkaian Relay	35
Gambar. 19 Flowchart Program Utama	36
Gambar. 20 Grafik Temperatur Terhadap Tegangan.....	46
Gambar. 21 Grafik Perbandingan Suhu Referensi V Termometer	48

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Konfigurasi Pin Port B ATmega8535	24
Tabel 2. Konfigurasi Pin Port D ATmega8535	25
Tabel 3. Karakter Spesial	27
Tabel 4. Tipe Data BASCOM.....	27
Tabel 5. Pengujian Sensor LM35.....	44
Tabel 6. Perbandingan Suhu Konversi Dan Tegangan Output LM35	45
Tabel 7. Pengujian Pengkondisi Sinyal.....	46
Tabel 8. Perbandingan Suhu Referensi dengan LM35.....	47
Tabel 9. Data Tegangan Output <i>Infrared Photodiode</i>	48
Tabel 10. Data Pengisian Susu Kedelai	48

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang masalah mengapa alat ini dibuat, tujuan dari penelitian, deskripsi singkat mengenai alat yang akan dibuat, batasan masalah dari alat yang akan dibuat oleh penulis, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan laporan.

1.1 Latar Belakang

Susu kedelai merupakan minuman yang mengandung banyak protein dan zat-zat lain yang sangat berguna dan penting bagi tubuh. Hal ini dikarenakan dalam kacang kedelai baik produk olahannya ataupun masih berbentuk bijian kedelai mengandung setidaknya 17 asam amino yang 8 diantaranya dibutuhkan tubuh dalam komposisi yang sempurna. Bahkan nilai gizi dalam kedelai setara dengan susu sapi dan lebih tinggi dibanding dengan daging sapi. Hasil-hasil penelitian di berbagai bidang kesehatan telah membuktikan bahwa mengkonsumsi produk-produk kedelai berperan penting dalam menurunkan risiko terkena berbagai penyakit degeneratif. Hal ini disebabkan oleh kandungan isoflavon yang terdapat dalam kedelai. Salah satu contoh produk olahan kedelai yang kaya protein dan bermanfaat bagi tubuh yakni susu kedelai.

Tetapi sayangnya, pemasaran susu kedelai yang banyak dijumpai kebanyakan masih kurang efisien, antara lain yakni dengan cara menitipkan hasil produk susu kedelai yang biasanya diproduksi oleh industri rumahan dalam bentuk kemasan plastik ke warung-warung penjual makanan atau menjajakan sendiri susu kedelai melalui sepeda motor ataupun gerobak. Dan kendala yang sering kali terjadi dalam penjualan susu kedelai tersebut yakni susu kedelai yang cepat rusak. Hal ini dimungkinkan karena sewaktu menjajakan susu kedelai dengan cara berkeliling menggunakan kendaraan tidak disertai dengan es balok sebagai pendingin ataupun tempat susu kedelai dititipkan untuk dijual seperti warung-warung makanan tidak tersedia lemari pendingin. Selain itu juga sifat dari susu kedelai murni sendiri yang tidak tahan lama. Susu kedelai yang rusak

ditandai dengan berubahnya bau, warna, rasa atau cairan mengental kemudian pisahnya air dengan endapan sari kedelai.

Memang untuk beberapa penjual susu kedelai, hal ini dapat disiasati dengan cara pemberian bahan kimia pengawet makanan pada susu kedelai. Cara ini meskipun masih ditolerir sebatas bahan pengawet makanan tersebut direkomendasikan oleh BPOM. Tetapi untuk beberapa konsumen tentunya menginginkan susu kedelai yang dikonsumsi segar (*fresh*) dan terhindar dari tambahan bahan kimia apapun baik itu pewarna ataupun pengawet bahan makanan, karena tujuan utama dari mengkonsumsi susu kedelai adalah untuk menjaga kesehatan tubuh dan tidak hanya sekedar minuman pelepas rasa dahaga saja.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu alat yang dapat membuat susu kedelai murni yang segar (*fresh*) sehingga jika kita ingin meminum susu kedelai, dapat membuatnya langsung dari bahan mentah yakni kacang kedelai murni dengan bantuan alat tersebut dengan tanpa mengurangi rasa dan khasiat susu kedelai yang banyak mengandung zat gizi. Diharapkan dengan adanya alat pembuat susu kedelai otomatis tersebut dapat menjadi solusi bagi orang yang sangat memperhatikan kesehatan tubuh terutama dari penggunaan zat-zat tertentu yang banyak terkandung dalam produk makanan maupun minuman yang banyak beredar. Jadi dengan alat pembuat susu kedelai otomatis tersebut kita akan mendapatkan susu kedelai murni segar tanpa bahan pengawet dan higienis.

Selain itu, dengan alat ini dapat memberikan pelayanan yang tepat dan cepat kepada konsumen. Pelayanan yang tepat dapat dicontohkan seperti proses pengisian susu kedelai ke wadah minum dilakukan secara otomatis sehingga masalah kelebihan ataupun kurang pada isi susu kedelai di gelas minum dapat diatasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan membuat sistem kendali proses pembuatan susu kedelai otomatis berbasis mikrokontroler ini adalah untuk membuat suatu alat pembuat susu kedelai dengan proses pembuatan susu kedelainya yang terkendali.

1.3 Deskripsi Singkat

Sebagai salah satu aplikasi teknologi, pada tugas akhir ini dibuat “**Sistem Kendali Proses Pembuatan Susu Kedelai Otomatis Berbasis Mikrokontroler**” dengan maksud untuk mengendalikan proses pembuatan susu kedelai hingga siap untuk disajikan.

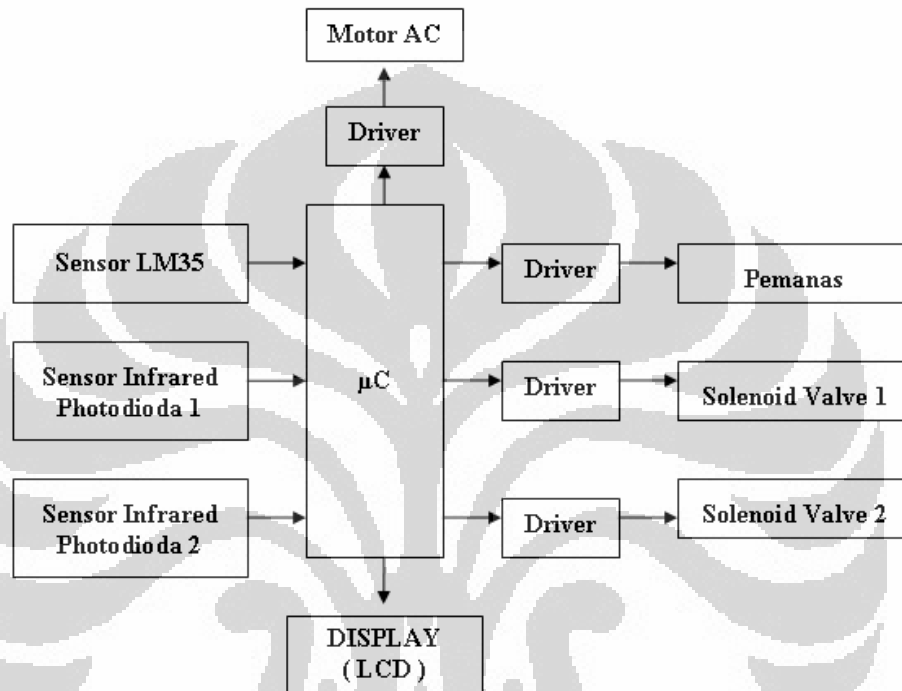
Cara kerja alat ini adalah saat sebelum memulai proses pembuatan susu kedelai, pertama-tama kita memasukkan terlebih dahulu bahan-bahan yang diperlukan dalam pembuatan susu kedelai seperti kacang kedelai, gula pasir, air putih, penambah aroma, dan bahan-bahan lain kedalam wadah panci. Lalu dipasang perangkat motor penggiling yang telah terdapat batang pisau penggiling. Setelah semua perangkat pendukung alat telah terpasang, maka tombol Mulai (*Start*) ditekan untuk memulai proses pembuatan susu kedelai. Proses pembuatan susu kedelai sendiri terbagi menjadi 4 tahapan yakni proses penggilingan, perebusan, pengadukan dan pengisian dengan terdapat 2 tombol kendali. Tombol pertama yaitu tombol *Start* untuk memulai proses pembuatan susu kedelai dan tombol **Pengisian** untuk memulai proses mengisi susu kedelai yang telah siap saji kedalam gelas minum.

Setelah tombol *start* ditekan, maka proses pertama yang akan dijalankan adalah proses penggilingan (*blender*) selama waktu yang telah diatur. Selanjutnya terdapat proses perebusan. Dalam proses ini, *heater* akan terus menyala (*On*) hingga suhu yang diinginkan tercapai (*set point*). Perubahan temperatur dapat dipantau karena terdapat sensor temperatur yang dapat mendeteksi perubahan temperatur ke mikrokontroler yang kemudian ditampilkan pada *display*. Bila suhu yang diinginkan telah tercapai, maka *heater* otomatis akan mati (*Off*) melalui kendali mikrokontroler. Lalu proses pengadukan yang berfungsi untuk mencampur rata antara larutan ekstrak kedelai dengan air selama beberapa detik.

Tahapan terakhir dari proses pembuatan susu kedelai pada alat ini yakni proses pengisian. Dengan menekan tombol pengisian, maka cairan susu kedelai yang telah matang/siap saji akan mengalir dari wadah panci ke gelas minum. Sebelum sampai ke gelas minum, terlebih dahulu cairan susu kedelai mengisi gelas takaran yang terdapat 2 sensor level yakni sensor level batas atas dan sensor level batas bawah. Sensor tersebut berfungsi untuk mengatur banyaknya air yang

mengisi gelas takaran agar sesuai dengan kapasitas gelas untuk minum sehingga air yang terisi pada gelas minum tidak terlampaui penuh ataupun kurang.

Sistem ini terdiri dari sebuah sensor temperatur, dua sensor infrared photodiode, sebuah mikrokontroler sebagai pengolah data, motor AC yang berfungsi sebagai penggiling dan pengaduk, *heater* yang berfungsi sebagai pemanas dan *display*. Berikut ini adalah bagian dari keseluruhan sistem:



Gambar 1. Bagan Keseluruhan Sistem

1.4 Batasan Masalah

Dalam pembuatan alat, terdapat beberapa pembatasan masalah yakni:

- Kecepatan motor pada saat penggilingan/pengadukan telah diatur sehingga tidak perlu lagi merubah kecepatan putaran motornya.
- Kacang kedelai yang akan diproses menjadi susu kedelai sebelumnya telah dibersihkan dan direndam terlebih dahulu menggunakan air matang.
- Proses memasukkan bahan-bahan dilakukan secara manual.
- Alat ini hanya dapat membuat susu kedelai dalam takaran tertentu.

1.5 Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan untuk membantu dalam pelaksanaan dan penganalisaan alat ini adalah:

1. Studi Literatur

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

2. Perancangan Dan Pembuatan Alat

Proses perancangan merupakan suatu proses perencanaan bagaimana sistem penggilingan, pemanasan, pengadukan dan pengisian ini akan bekerja. Berisi tentang proses perencanaan baik hardware maupun software. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya. Pada bagian software akan dibahas program yang digunakan untuk sistem otomatis.

3. Pembuatan Program

Pembuatan program dilakukan dengan menggunakan *Software Basic Compiler* (BASCOS), dengan menggunakan Software ini memungkinkan kita untuk memanipulasi kinerja alat sesuai dengan yang diinginkan.

4. Uji Sistem

Dari alat yang dibuat maka dilakukan pengujian terhadap masing-masing bagian dengan tujuan untuk mengetahui kinerjanya apakah sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau belum.

5. Pengambilan Data

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

6. Penulisan Penelitian

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

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan laporan tugas akhir ini, dapat dibuat urutan bab serta isinya secara garis besar diuraikan sebagai berikut :

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, deskripsi singkat, metodologi, dan sistematika penulisan.

BAB II. LANDASAN TEORI

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

BAB III. PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Proses perancangan merupakan suatu proses perencanaan bagaimana sistem pengelompokan ini akan bekerja. Berisi tentang proses perencanaan baik hardware maupun software. Pada bagian hardware akan membahas desain dan cara kerjanya. Pada bagian software akan dibahas program yang digunakan untuk sistem pengontrolan.

BAB IV. PENGUJIAN ALAT DAN PENGAMBILAN DATA

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

BAB V. PENUTUP

Penutup berisi kesimpulan yang diperoleh dari pengujian sistem dan pengambilan data selama penelitian berlangsung. Selain itu juga penutup memuat saran untuk pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini baik dari segi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

BAB 2

LANDASAN TEORI

Pada Bab ini, penulis akan membahas mengenai teori dasar berisi landasan – landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dalam perancangan serta pembuatan program (*software*).

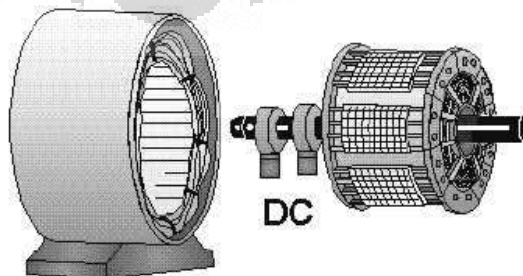
2.1 Motor AC

2.1.1 Teori Motor AC

Motor arus bolak-balik (AC) menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik yakni bagian stator dan bagian rotor. Stator merupakan komponen listrik statis. Sedangkan rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor.

2.1.2 Motor Sinkron

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki *torque* awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah seperti kompresor udara, perubahan frekuensi, dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.



Gambar 2. Motor Sinkron

Komponen utama dari motor sinkron adalah rotor dan stator. Pada rotor motor sinkron bahwa rotor mesin sinkron berjalan pada kecepatan yang sama dengan perputaran medan magnet. Hal ini memungkinkan disebabkan medan magnet rotor tidak lagi terinduksi. Rotor memiliki magnet permanen atau arus DC-excited yang dipaksa untuk mengunci pada posisi tertentu bila dihadapkan dengan medan magnet lainnya. Sedangkan pada stator motor sinkron menghasilkan medan magnet berputar yang sebanding dengan frekuensi yang dipasok.

2.1.3 Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Kelebihan dari motor induksi dikarenakan oleh rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC.

a. Klasifikasi motor induksi

Motor induksi diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama (Parekh, 2003):

1. Motor induksi satu fase.

Motor ini hanya memiliki satu gulungan *stator*, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, serta untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.

2. Motor induksi tiga fase

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai) dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, *belt conveyor*, jaringan listrik, dan *grinder*. Motor induksi tiga fase tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp.

b. Kecepatan motor induksi

Urutan kerja motor induksi dapat dijelaskan sebagai berikut. Pertama, listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar.

Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada kecepatan dasar yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya *slip*/geseran yang meningkat dengan meningkatnya beban. *Slip* hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari *slip* dapat dipasang sebuah cincin geser/*slip ring*, dan motor tersebut dinamakan motor cincin geser/ *slip ring motor*.

2.2 Solenoid Valve

Terdapat dua macam jenis *solenoid* yang sering dijumpai, yakni *solenoid* jenis arus searah (DC) ataupun *solenoid* jenis arus bolak-balik (AC). Karena jenis *solenoid* yang digunakan dalam pembuatan alat adalah jenis *solenoid* DC maka penulis akan lebih memfokuskan menjelaskan tentang *solenoid* jenis arus searah atau DC.

Solenoid DC secara konstruktif selalu mempunyai inti yang pejal dan terbuat dari besi yang lunak. Dengan demikian *solenoid* DC mempunyai bentuk yang sederhana dan kokoh. Selain itu. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh konduktansi optimum pada medan magnet. Bila ada kelonggaran udara, tidak akan mengakibatkan kenaikan temperatur operasi, karena temperatur operasi hanya akan tergantung pada besarnya tahanan kumparan serta arus listrik yang mengalir. Bila *solenoid* DC diaktifkan (*switched on*) maka arus listrik yang mengalir meningkat secara perlahan. Ketika arus listrik dialirkan ke dalam kumparan akan terjadi elektromagnet. Selama terjadinya induksi akan menghasilkan gaya yang berlawanan dengan tegangan yang digunakan.

Bila *solenoid* dipasifkan (*switched off*), maka medan magnet yang pernah terjadi akan hilang dan dapat mengakibatkan tegangan induksi yang besarnya bisa beberapa kali lipat dibandingkan dengan tegangan yang ada pada kumparan.

Tegangan induksi ini dapat mengakibatkan rusaknya isolasi pada gulungan koil, selanjutnya bila hal ini terjadi terus akan terjadi percikan api. Untuk mengatasi hal ini maka harus dibuat rangkaian yang meredam percikan api, misalnya dengan memasang tahanan yang dihubungkan secara paralel dengan induktansi. Sehingga bila terjadi pemutusan arus listrik, energi akan tersimpan dalam bentuk medan magnet dan dapat hilang lewat tahanan yang dipasang tadi.

Berdasarkan penjelasan teori *solenoid* DC terdapat beberapa keuntungan dan kerugian jika kita menggunakan *solenoid* jenis DC antara lain.

- Keuntungan *solenoid* DC:
 1. Mudah dalam hal pengoperasiannya.
 2. Usia pemakaiannya lama.
 3. Bunyi yang dihasilkan lemah.
 4. Tenaga untuk mengoperasikan kecil.
- Kerugian *solenoid* DC:
 1. Perlu menggunakan peredam percikan api.
 2. Terjadi tegangan tinggi saat pemutusan arus.
 3. Waktu sambung lama.
 4. Memerlukan adaptor bila yang dipakai tegangan AC.
 5. Bagian yang kontak cepat aus.

2.3 Sensor

Sensor adalah suatu alat yang dapat menerima sinyal atau rangsangan dan mengubahnya menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan atau sinyal sehingga dapat dianalisa dalam rangkaian listrik tertentu. Rangsangan ini berasal dari lingkungan atau berada di luar sistem sensor, rangsangan ini dapat berupa besaran-besaran fisika. Dalam pengertian secara umum, sensor merupakan pengubah besaran non-elektrik ke besaran elektrik.

Sensor merupakan suatu piranti pengindra kualitas fisis, mekanik atau optis yang ditransformasikan menjadi tegangan atau arus listrik. Besaran elektrik ini berupa sinyal yang dapat diolah, disalurkan, dikuatkan, dan dimodifikasi dengan menggunakan rangkaian elektronik. Sinyal keluaran sensor dapat berupa tegangan, arus, atau muatan.

Pengertian sensor ini harus dibedakan dengan pengertian transduser. Transduser adalah pengubah suatu bentuk energi ke dalam bentuk energi yang lain, transduser bukan digunakan sebagai sensor, tapi sebagai aktuator. Sensor terdiri atas dua jenis, yaitu pasif dan aktif. Sensor pasif adalah sensor yang langsung dapat menghasilkan sinyal listrik yang diakibatkan oleh rangsangan luar, yang mana energi rangsangan input diubah oleh sensor menjadi energi output tanpa membutuhkan sumber daya tambahan. Sedangkan sensor aktif adalah sensor yang memerlukan daya luar untuk pengoperasiannya, daya luar ini disebut sinyal eksitasi, sinyal ini diubah oleh sensor untuk menghasilkan sinyal keluaran. Prinsip kerja sensor adalah melakukan penginderaan suhu lingkungan kemudian meresponnya menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan analog.

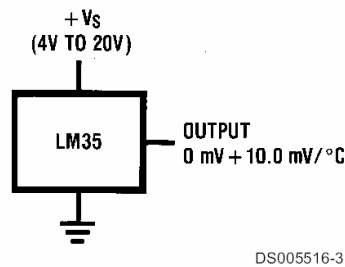
2.3.1 Sensor Suhu IC LM35

Sensor suhu adalah alat yang digunakan untuk merubah besaran panas menjadi besaran listrik yang dapat dengan mudah dianalisis besarnya. Pembuatan sensor suhu tergantung pada material penyusunnya yang memiliki besaran yang berubah terhadap perubahan suhu.

Metode pembuatan sensor suhu dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Metode bahan logam, yaitu logam akan bertambah besar hambatannya terhadap arus listrik jika panasnya bertambah.
2. Menggunakan bahan semikonduktor, yaitu bahan semikonduktor mempunyai sifat terbalik dari logam, semakin besar suhu maka nilai hambatan akan semakin turun.

IC LM35 adalah sensor suhu yang terkemas dalam bentuk integrated circuit, merupakan komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan, dimana output tegangan keluarannya sangat linier. Sensor suhu LM35 dapat dkalibrasikan langsung, LM35 ini dapat difungsikan sebagai *basic temperature sensor* seperti pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. LM35 Basic Temperature Censor

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°C sampai 150°C .

Sensor ini memiliki parameter bahwa setiap kenaikan 1°C tegangan keluarannya naik sebesar 10mV dengan batas maksimal keluaran sensor adalah 1,5V pada suhu 150°C . Pada perancangan kita tentukan keluaran ADC mencapai full scale pada saat suhu 100°C , sehingga keluaran transduser ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C} \times 100^{\circ}\text{C}$) = 1V. Jika dibuat kesetaraan tegangan dengan suhu, maka akan terlihat sebagai berikut:

➤	0 V	=	0°C
➤	10mV	=	1°C
➤	100mV	=	10°C
➤	1000mV	=	100°C
➤	1500mV	=	150°C

Pengukuran secara langsung saat suhu ruang, keluaran LM35 adalah 0,3V (300mV). Tegangan ini diolah dengan menggunakan rangkaian pengkondisi sinyal agar sesuai dengan tahapan masukan ADC.

LM35 memiliki kelebihan-kelebihan sebagai berikut:

1. Dikalibrasi langsung dalam Celsius
2. Memiliki faktor skala linear $+10.0\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
3. Memiliki ketetapan $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C
4. Jangkauan maksimal suhu antara -55°C sampai 150°C
5. Cocok untuk aplikasi jarak jauh
6. Bekerja pada tegangan catu daya 4 sampai 30Volt

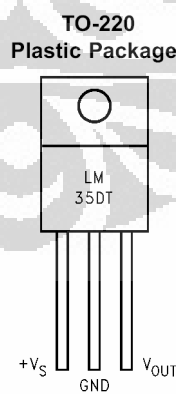
7. Memiliki arus drain kurang dari 60 μAmp
8. Pemanasan sendiri yang lambat (*low self-heating*)
9. Ketidaklinearannya hanya sekitar $\pm 1/4^\circ\text{C}$
10. Impedansi keluaran yang kecil yaitu 0,1 watt untuk beban 1 mAmp.

IC LM35 biasanya memiliki banyak variasi jenis tergantung range temperatur yang biasa dioperasikan seperti:

1. LM35A memiliki range temperatur -55°C sampai dengan 150°C .
2. LM35CA/C memiliki range temperatur -40°C sampai dengan 110°C .
3. LM35D memiliki range temperatur 0°C sampai dengan 100°C .

Sensor suhu tipe LM35 merupakan IC sensor temperatur yang akurat yang tegangan keluarannya linear dalam satuan celcius. Jadi LM35 memiliki kelebihan dibandingkan sensor temperatur linear dalam satuan Kelvin, karena tidak memerlukan pembagian dengan konstanta tegangan yang besar keluarannya untuk mendapatkan nilai dalam satuan celcius yang tepat.

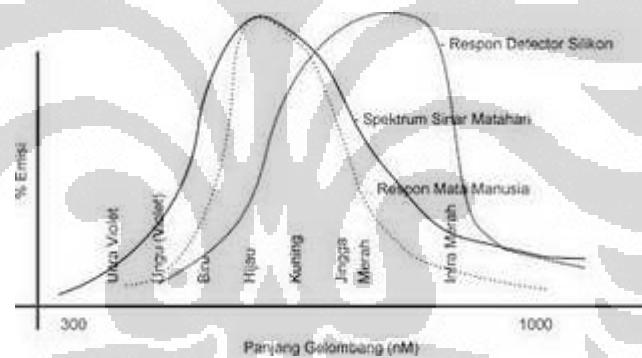
LM35 memiliki impedansi keluaran yang rendah, keluaran yang linear, dan sifat ketepatan dalam pengujian membuat proses interface untuk membaca atau mengontrol sirkuit lebih mudah. Pin V_+ dari LM35 dihubungkan ke catu daya, pin GND dihubungkan ke Ground dan pin V_{out} yang menghasilkan tegangan analog hasil pengindera suhu dihubungkan ke $V_{in}(+)$ dan ADC internal ATmega8535.



Gambar 4. Bentuk Fisik LM35

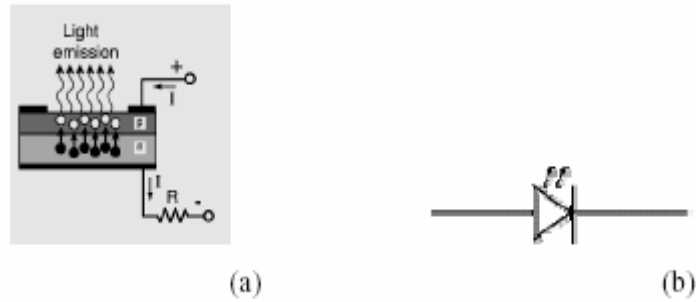
2.3.2 IR LED

Infra merah adalah cahaya yang mempunyai radiasi dibawah batas penglihatan manusia, sehingga cahaya tersebut tidak tampak oleh mata, seperti frekwensi suara tidak terlihat tapi dapat didengarkan. Memang cahaya tersebut tidak terlihat atau bisa didengarkan tetapi kulit manusia dapat merasakannya. Salah satu contohnya adalah, ketika tangan kita mendekati sesuatu benda mengandung panas seperti tubuh manusia, tubuh hewan, kita dapat merasakannya, tetapi panas tersebut tidak terlihat oleh mata. Sebenarnya api juga memancarkan cahaya infra merah tetapi mengapa bisa terlihat oleh mata, karena api juga memancarkan radiasi cahaya yang lain. Jika dilihat dengan dengan spektroskop cahaya maka radiasi cahaya infra merah akan nampak pada spektrum elektromagnet dengan panjang gelombang di atas panjang gelombang cahaya merah.



Gambar 5. Spektrum Cahaya Dan Respon Mata Manusia

Dioda infra-merah atau biasa disebut LED infra-merah adalah sebuah komponen yang terbuat dari *solid-state Germanium Arsenide* yang memancarkan sinar radiasi (cahaya) ketika diberi tegangan bias maju (*forward bias*). Konstruksi dasar dan simbol dari komponen ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini:

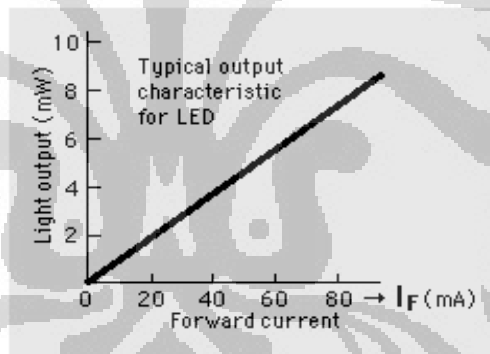


(a) Konstruksi Dasar LED IR

(b) Simbol LED IR

Gambar 6. Konstruksi Dasar LED IR Dan Simbol LED IR

Ketika diberi tegangan bias maju, elektron dari daerah N akan bergabung melalui lubang-lubang pada daerah P, sehingga terbentuk daerah gabungan dari materi tipe P dan N. Selama proses penggabungan ini, energi diradiasikan dalam bentuk foton. Foton-foton yang dihasilkan pada LED IR akan dilepaskan dalam bentuk energi radiasi. Hubungan antara besarnya fluks radiasi dalam mW dan arus bias maju DC dapat dilihat pada gambar 7.

**Gambar 7. Grafik Hubungan Cahaya Output Dan LED IR Bias-Maju DC**

2.3.3 Photodioda

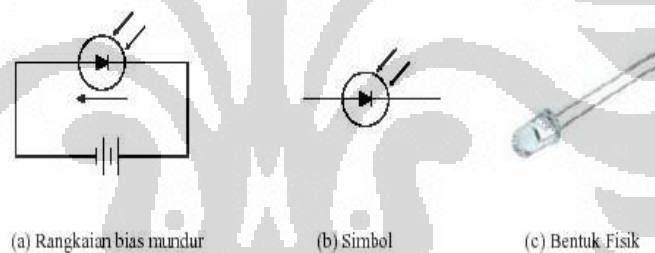
Photodioda adalah komponen elektronika dengan sambungan substrat tipe N dan substrat tipe P yang dirancang untuk beroperasi dengan bias mundur (*reverse bias*), dimana I_e adalah arus mundur. Simbol untuk *photodioda* dapat dilihat pada gambar 8.

Dengan pemberian tegangan mundur ini akan memperluas daerah pengosongan. Perubahan pada daerah pengosongan ini merupakan prinsip kerja dari *photodioda*.

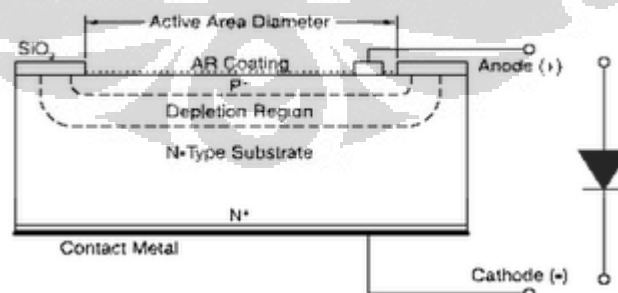
Ketika energi cahaya (photon) yang jatuh pada daerah pengosongan *photodiode* lebih besar dari tegangan barrier silikon yaitu 1,12 eV dan menembus daerah katoda, energi cahaya ini dapat menyebabkan elektron keluar dari pita valensi (*valence band*) dan masuk ke pita konduksi (*conduction band*) kemudian meninggalkan hole pada pita konduksi. Dengan kata lain elektron dan hole menempati daerah masing-masing (*photovoltaic effect*).

Dengan kondisi diatas maka energi cahaya yang jatuh pada daerah pengosongan akan meniadakan sambungan. Daerah pengosongan yang semula menyekat arus ini akan berubah menghasilkan aliran arus elektron-hole.

Dengan kata lain, ketika cahaya diberikan ke sambungan PN, maka arus mundurnya akan meningkat sesuai dengan intensitas cahaya. Dan ketika tidak ada cahaya, arus mundur $I_{\bar{e}}$ sangat kecil sekali dan disebut *dark current*. Arus mundur yang dihasilkan besarnya proporsional dengan intensitas cahaya yang diterima *photodiode*.

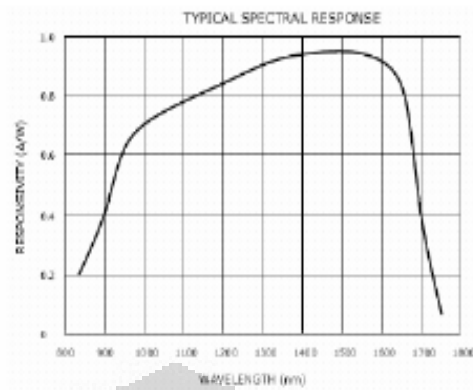


Gambar 8. Photodiode

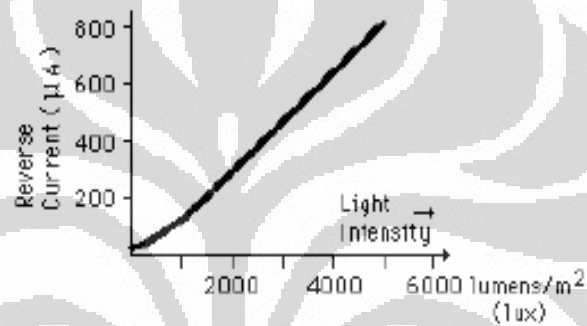


Gambar 9. Struktur Dari Photodiode

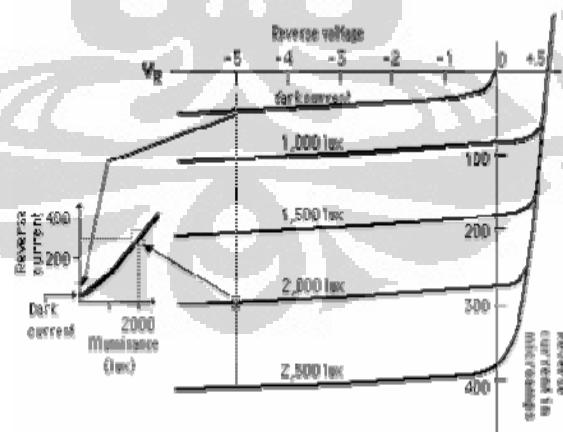
Berikut adalah beberapa kurva karakteristik photodioda:



(a) Response relative photodioda terhadap cahaya



(b) Kurva Arus mundur terhadap Intensitas cahaya



(c) Kuva tegangan terhadap arus

Gambar 10. Karakteristik Photodioda

2.4 Transformator

Pada umumnya arus bolak-balik (AC = *Alternating Current*) banyak dipakai dalam keperluan sehari-hari. Hal ini dapat dimungkinkan dikarenakan mentransformasikan arus bolak-balik tersebut sangat mudah baik menurunkan dan menaikkan tegangan. Untuk keperluan mentransformasikan tegangan listrik digunakan suatu alat yang dinamakan transformator, atau lebih dikenal dengan nama Trafo. Trafo adalah alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik lainnya melalui sambungan magnet dan berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Di dalam bidang elektronika, trafo banyak digunakan antara lain untuk:

1. Gandengan Impedansi (*input impedance*) antara sumber dan beban.
2. Menghambat arus searah (DC = *Direct Current*) dan melewatkan arus bolak-balik.
3. Menaikan atau menurunkan tegangan AC.

Berdasarkan frekuensi kerja, trafo dikelompokkan menjadi:

- Trafo Daya: (50Hz – 60 Hz)
- Trafo Pengendaraan: (20 Hz – 20 KHz)
- Trafo MF: (455 KHz)
- Trafo RF: (>455 KHz)

Pengelompokan trafo didalam bidang tegangan listrik, adalah:

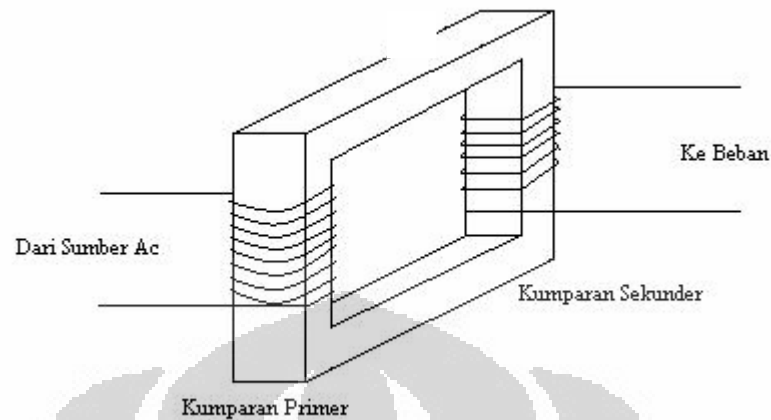
- 1) Trafo Daya, trafo ini digunakan untuk menaikkan tegangan listrik sampai ratusan ribu volt.
- 2) Trafo Distribusi, trafo ini digunakan untuk menurunkan tegangan listrik sampai tegangan yang diinginkan.
- 3) Trafo Pengukuran, untuk maksud ini ada trafo arus dan tegangan.

Dalam bentuk dasar, inti trafo terdiri dari tiga macam yaitu:

1. *Open Core* (inti terbuka)
2. *Close Core* (inti tertutup)
3. *Shell Core* (inti bentuk cangkang)

2.4.1 Dasar Teori Trafo

Bentuk dasar trafo ditunjukkan pada Gambar 11 :



Gambar 11. Bentuk Gulungan Trafo

Trafo terdiri dari dua gulungan kawat yang terpisah satu sama lain, yang dililitkan pada inti yang sama. Daya listrik dipisahkan dari kumparan primer ke kumparan sekunder dengan perantara garis gaya magnet (fluks magnet) yang dibangkitkan oleh aliran listrik yang melewati kumparan primer. Untuk dapat membangkitkan tegangan listrik pada kumparan sekunder, fluks magnet yang dibangkitkan oleh kumparan primer harus berubah-ubah. Untuk menemui hal tersebut, aliran listrik yang melalui kumparan primer haruslah aliran listrik bolak balik. Saat kumparan primer dihubungkan ke sumber arus listrik AC, pada kumparan primer timbul gaya gerak magnet bersama yang bolak balik juga. Dengan adanya gaya gerak magnet ini, disekitar kumparan primer akan timbul fluks magnet bersama yang juga bolak-balik. Adanya fluks magnet bersama ini pada ujung kumparan sekunder, timbul gaya gerak listrik induksi sekunder yang mungkin sama, lebih tinggi, atau lebih rendah dari gaya gerak listrik primer. Hal ini tergantung pada perbandingan transformator kumparan trafo tersebut. Jika kumparan sekunder dihubungkan ke beban, maka pada kumparan sekunder timbul arus listrik bolak-balik sekunder akibat adanya gaya gerak listrik induksi sekunder. Hal ini mengakibatkan timbul gaya gerak magnet pada kumparan sekunder dan akibatnya pada beban timbul tegangan sekunder.

2.5 Relay

Relay adalah suatu rangkaian *switch magnetic* yang bekerja bila mendapat catu dan suatu rangkaian trigger. Relay memiliki tegangan dan arus nominal yang harus dipenuhi output rangkaian pendriver atau pengemudinya. Arus yang digunakan pada rangkaian adalah arus DC (*Direct Current*).

Relay terdiri dari lilitan kawat (*coil*) yang dililitkan pada inti besi lunak. Jika kawat mendapatkan medan magnet dan menarik switch kontak. Switch kontak mengalami gaya listrik magnet sehingga berpindah posisi ke kutub lain atau terlepas dari kutub asalnya. Keadaan ini akan bertahan selama arus mengalir pada kumparan relay. Dan relay akan kembali keposisi semula yaitu normaly ON atau normaly OFF, bila tiada arus yang mengalir maka, posisi normal relay tergantung pada jenis relay yang termakan. Dan pemakaian jenis relay tergantung pada keadaan yang diinginkan pada suatu rangkaian. Menurut kerjanya relay dapat dibedakan menjadi:

1. *Normaly open* (ON), saklar akan terbuka bila dialiri arus.
2. *Normaly close* (OFF), saklar akan tertutup bila dialiri arus.
3. *Change over* (CO), relay ini mempunyai saklar tunggal yang normalnya tertutup, bila kumparan satu dialiri arus maka saklar akan terhubung ke terminal A, sebaliknya bila kumparan dua dialiri arus maka saklar terhubung ke terminal B.

2.6 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler AVR (*Atmel's RISC Processor*) ATmega8535 memiliki arsitektur RISC 8 bit, dimana semua instruksi dikemas dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 siklus clock. Keluarannya bisa mencapai hampir sekitar 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) per MHz, sehingga konsumsi daya bisa optimal dan kecepatan proses eksekusi menjadi maksimal.

Berbeda dengan instruksi MCS51 yang membutuhkan siklus 12 clock. Tentu saja itu terjadi karena kedua jenis mikrokontroler tersebut memiliki arsitektur yang berbeda. AVR berteknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*), sedangkan seri MCS51 berteknologi CISC (*Complex Instruction Set Computing*).

Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya, yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

2.6.1 Fitur ATmega 8535

Kapabilitas detail dari ATmega 8535 adalah sebagai berikut:

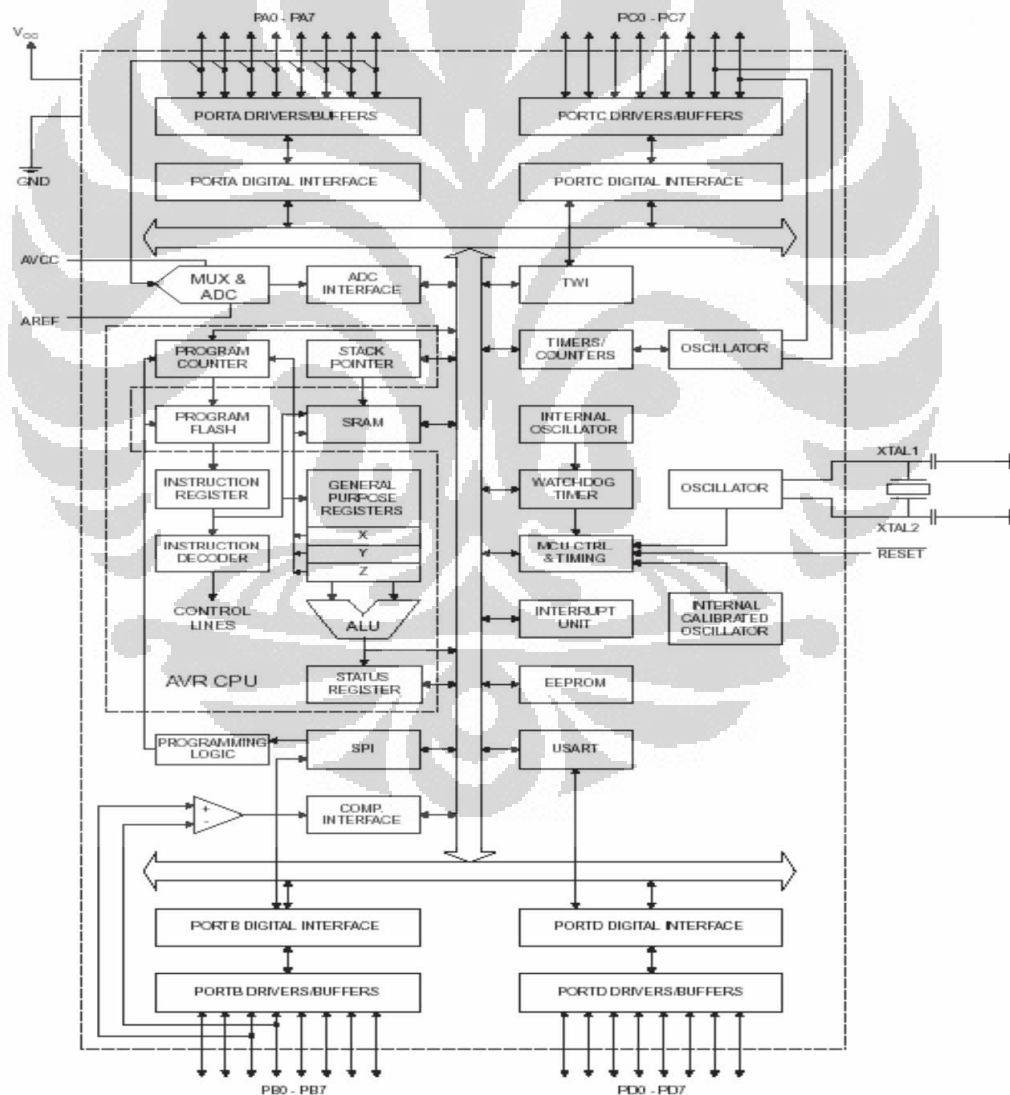
1. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.
2. Kapabilitas memori flash 8 KB, SRAM sebesar 512 byte, dan EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 byte.
3. 8 *Single Ended Channels*, ADC internal 10 bit sebanyak 8 *channel* dan 4 *channel* PWM.
4. Portal komunikasi serial (USART) dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.
5. Sebuah serial port SPI
6. 32 jalur Input-Output
7. 32 Register umum
8. 3 Flexible Timer/ counter dengan Compare-Modes
9. Internal dan eksternal Interrupt
10. Interface serial two wire sebesar 1 Byte
11. Watchdog timer yang dapat deprogram dengan *Internal Oscillator*.
12. 6 pilihan mode sleep dengan *Power Save Mode* yaitu *Idle*, *ADC Noise Reduction*, *Power Save*, *Power Down*, *Standby* dan *Extended Standby* sehingga menghemat penggunaan daya listrik.

2.6.2 Konfigurasi ATmega 8535

Konfigurasi pin ATmega 8535 bisa dilihat pada gambar 11. di bawah ini. Dari gambar tersebut dapat dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega 8535 sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai pin masukan catu daya.
2. GND merupakan pin ground.
3. Port A (PA0..PA7) merupakan pin I/O dua arah dan pin masukan ADC.

4. Port B (PB0..PB7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus , yaitu Timer/Counter, komparator analog, dan SPI.
5. Port C (PC0..PC7) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu TWI, komparator analog, dan Timer Oscilat.
6. Port D (PD0.. PD7) merupakan pin I/O dua arah dan fungsi khusus, yaitu komparator analog, interupsi eksternal, komunikasi serial.
7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan clock eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.



Gambar 12. Blok Diagram ATmega8535

(TO) PB0	1	40	FA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	AGND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5
(TXD) PD1	15	26	PC4
(INT0) PD2	16	25	PC3
(INT1) PD3	17	24	PC2
(OC1B) PD4	18	23	PC1
(OC1A) PD5	19	22	PC0
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Gambar 13. Konfigurasi ATmega8535

Berikut adalah penjelasan fungsi tiap kaki.

1. PORT A

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port A dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port A (DDRA) harus disetting terlebih dahulu sebelum port A digunakan. Bit-bit DDRA diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port A yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu, kedelapan pin port A juga digunakan untuk masukan sinyal analog bagi A/D converter.

2. PORT B

Merupakan 8 bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port B dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port B (DDRB) harus disetting terlebih dahulu sebelum port B digunakan. Bit-bit DDRB diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port B yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Pin-pin port B juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus seperti yang terlihat pada tabel berikut.

Port Pin	Fungsi Khusus
PB0	T0 = Timer/Counter 0 eksternal counter input
PB1	T1 = Timer/Counter 0 eksternal counter input
PB2	AINO = Analog comparator positif input
PB3	AINI = Analog comparator negatif input
PB4	SS = SPI slave select input
PB5	MOSI = SPI bus master output/slave input
PB6	MISO = SPI bus master input/slave output
PB7	SCK = SPI bus serial clock

Tabel 1. Konfigurasi Pin Port B ATmega8535

3. PORT C

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port C dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port C (DDRC) harus disetting terlebih dahulu sebelum port C digunakan. Bit-bit DDRC diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port C yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu, DUA pin port C (PC6 dan PC7) juga memiliki fungsi alternatif sebagai oscilator untuk timer/counter 2.

4. PORT D

Merupakan 8-bit directional port I/O. Setiap pinnya dapat menyediakan internal pull-up resistor (dapat diatur per bit). Output buffer Port D dapat memberi arus 20 mA dan dapat mengendalikan display LED secara langsung. Data Direction Register port D (DDRD) harus disetting terlebih dahulu sebelum port D digunakan. Bit-bit DDRD diisi 0 jika ingin memfungsikan pin-pin port D yang bersesuaian sebagai input, atau diisi 1 jika sebagai output. Selain itu, pin-pin port D juga memiliki untuk fungsi-fungsi alternatif khusus.

Port Pin	Fungsi Khusus
PD0	RDX (UART input line)
PD1	TDX (UART output line)
PD2	INT0 (Eksternal interrupt 0 input)
PD3	INT1 (Eksternal interrupt 1 input)
PD4	OC1B (Timer/Counter 1 output compare B match output)
PD5	OC1A (Timer/Counter 1 output compare A match output)
PD6	ICP (Timer/Counter 1 input capture pin)
PD7	OC2 (Timer/Counter 2 output compare match output)

Tabel 2. Konfigurasi Pin Port D ATmega8535

5. **RESET**
RST pada pin 9 merupakan reset dari AVR. Jika pada pin ini diberi masukan low selama minimal 2 machine cycle maka system akan di-reset.
6. **XTAL1**
XTAL1 adalah masukan ke inverting oscilator amplifier dan input ke internal clock operating circuit.
7. **XTAL2**
XTAL2 adalah output dari inverting oscilator amplifier.
8. **Avcc**
Avcc adalah kaki masukan tegangan bagi A/D Converter. Kaki ini harus secara eksternal terhubung ke Vcc melalui low pass filter.
9. **AREF**
AREF adalah kaki masukan referensi bagi A/D Converter. Untuk operasional ADC, level tegangan antara AGND dan Avcc harus diberikan ke kaki ini.
10. **AGND**
AGND adalah kaki untuk analog ground. Hubungkan kaki ini ke GND, kecuali jika board memiliki analog ground yang terpisah.

Data yang dipakai dalam mikrokontroler Atmega8535 dipresentasikan dalam sistem bilangan biner, desimal, dan bilangan heksadesimal. Data yang terdapat di mikrokontroler dapat diolah dengan berbagai operasi aritmatik

(penjumlahan, pengurangan, dan perkalian) maupun operasi logika (AND, OR, dan EOR/eksklusif OR).

AVR ATmega8535 memiliki tiga buah timer, yaitu:

1. Timer/counter 0 (8 bit)
2. Timer/ counter 1 (16 bit)
3. Timer/counter 2 (8 bit)

Karena ATmega8535 memiliki 8 saluran ADC maka untuk keperluan konversi sinyal analog menjadi data digital yang berasal dari sensor dapat langsung dilakukan prosesor utama. Beberapa karakteristik ADC internal Atmega8535 adalah:

1. Mudah dalam pengoperasian.
2. Resolusi 10 bit.
3. Memiliki 8 masukan analog.
4. Konversi pada saat CPU sleep.
5. Interrupt waktu konversi selesai.

2.7 BASCOM AVR

BASCOM-AVR adalah program BASIC compiler berbasis Windows untuk mikrokontroler keluarga AVR seperti ATXMEGA, ATMEGA, Attiny, AT90USBXXX, AT90SXXX, , dan yang lainnya. BASCOM-AVR merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi BASIC yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh MCS Elektronik.

2.7.1 Karakter Dalam BASCOM AVR

Dalam program BASCOM, karakter dasarnya terdiri atas karakter alphabet (A-Z dan a-z), karakter numeric (0-9), dan karakter special. Adapun karakter yang dimaksud ditunjukkan berikut:

Karakter	Nama
'	Apostrophe
*	Asterisk (symbol perkalian)
+	Plus sign
,	Comma
-	Minus sign

.	Period (decimal point)
/	Slash (division symbol) will be handled as\
:	Colon
“	Double quotation mark
;	Semicolon
<	Less than
=	Equal sign (assignment symbol or relational operator)
>	Greater than
\	Backspace (integer or word division symbol)

Tabel 3. Karakter Spesial

2.7.2 Tipe Data

Setiap variabel dalam BASCOM memiliki tipe data yang menunjukkan daya tampungnya. Hal ini berhubungan dengan penggunaan memori mikrokontroler. Berikut adalah tipe data pada BASCOM berikut keterangannya.

Tipe Data	Ukuran (byte)	Range
Bit	1/8	-
Byte	1	0 – 255
Integer	2	-32,768 - +32,767
Word	2	0 – 65535
Long	4	-214783648 - +2147483647
Single	4	-
String	hingga 254 byte	-

Tabel 4. Tipe Data BASCOM

2.7.3 Instruksi Dalam BASCOM AVR

Secara keseluruhan BASCOM AVR mempunyai beberapa macam instruksi. Berikut adalah beberapa instruksi yang dipakai dalam pemrograman pada pembuatan tugas akhir ini.

- **DO – LOOP**

Instruksi **Do – Loop** berfungsi untuk mengulangi suatu blok statemen sampai kondisi adalah benar atau hingga keluar dari suatu **Do - Loop** dengan statemen **Exit Do**. **Do - Loop** selalu dilakukan sedikitnya sekali. Sintaksis instruksi **Do - Loop** adalah sebagai berikut:

Do

Statements

Loop [Until expression]

- **IF – THEN**

Instruksi If – Then digunakan untuk menyeleksi suatu kondisi tunggal. Bila proses yang diseleksi terpenuhi atau bernilai benar maka pernyataan yang ada di dalam blok if akan diproses dan dikerjakan. Bentuk umum struktur kondisi if adalah:

If expression (kondisi) Then
statements (pernyataan)

End If

- **IF – THEN – ELSE**

Instruksi **If – Then – Else** digunakan jika terdapat minimal 2 pernyataan. Jika kondisi yang diperiksa bernilai benar atau terpenuhi maka pernyataan pertama yang dilaksanakan ataupun sebaliknya jika kondisi yang diperiksa bernilai salah, maka pernyataan kedua yang dilaksanakan. Bentuk umumnya adalah:

If expression (kondisi) Then

Statements-1 (pernyataan-1)

Else

Statements-2 (pernyataan-2)

End If

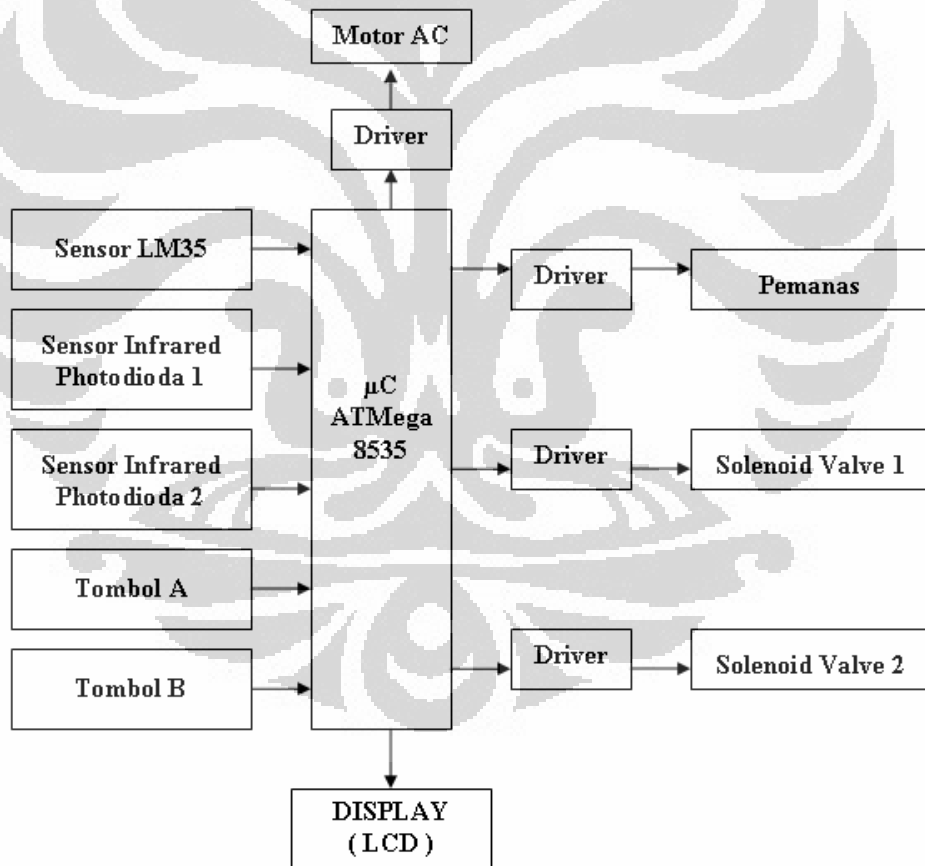
BAB 3

PERANCANGAN DAN CARA KERJA SISTEM

Bab ini akan membahas mengenai perancangan sistem beserta cara kerja dari masing-masing software dan hardware yang digunakan penulis dalam penyusunan alat “Sistem Kendali Proses Pembuatan Susu Kedelai Otomatis Berbasis Mikrokontroler ”

3.1 Perancangan Kerja Sistem

Secara keseluruhan perancangan kerja sistem dari alat ini terdiri dari beberapa rangkaian blok diagram seperti yang terlihat sebagai berikut.



Gambar 14. Diagram Blok

Pada blok diagram sistem yang telah dirancang, terdapat 4 masukan (*input*) ke pengendali mikrokontroler. Masukan (*input*) pertama yang dilakukan yakni

dengan menekan tombol mulai (*start*), maka sistem dari alat ini akan memulai setiap tahap proses dalam pembuatan susu kedelai. Pada tahap proses pertama terdapat sebuah motor AC yang digunakan untuk menggiling (*blender*) bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan susu kedelai seperti kacang kedelai. Lalu terdapat pemanas (*heater*) yang digunakan untuk memanaskan cairan susu kedelai. Pada proses pemanasan ini terdapat masukan (*input*) ke mikrokontroler berupa sensor temperatur LM35. Sensor temperatur ini yang akan mendeteksi bila suhu dalam cairan susu kedelai telah mencapai suhu yang diinginkan (*set point*). Pada tahapan proses pengisian terdapat aktuator berupa solenoid valve. Solenoid valve ini terbagi menjadi 2 yakni *solenoid valve 1* yang berfungsi untuk mengalirkan susu kedelai dari wadah panci ke gelas takaran dan *solenoid valve 2* yang berfungsi untuk mengalirkan susu kedelai dari gelas takaran ke wadah gelas minum. Pada proses pengisian terdapat sensor *infrared photodiode* yang berfungsi sebagai sensor level atas dan sensor level bawah. Hal ini dimaksudkan agar volume cairan susu kedelai yang terisi di gelas takaran sesuai dengan kapasitas gelas yang digunakan untuk minum. Sensor *infrared photodiode* ini akan mengirimkan tegangan sebesar 4,34 volt yang diterjemahkan sebagai logika 1 yang diterima oleh port pada pengendali mikrokontroler. Untuk semua output atau beban yang terdapat pada alat ini yakni motor AC, pemanas (*heater*), dan *solenoid valve* menggunakan rangkaian pengendali (*driver*) sebagai pengendalian sistem *On/Off*. Dimana semua driver yang digunakan pada alat ini dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega8535.

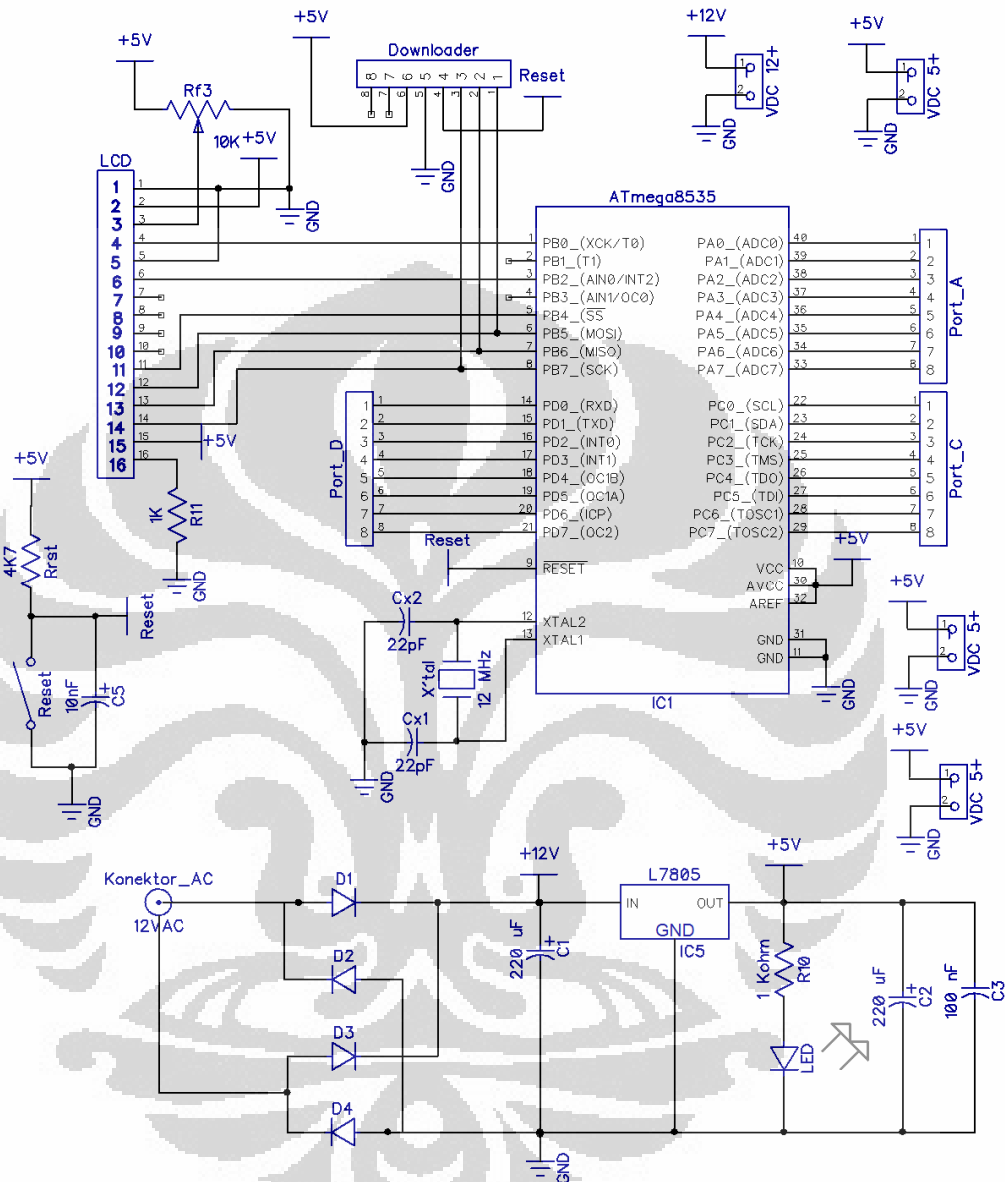
3.2 Perancangan Hardware

Pada perancangan hardware ini meliputi perancangan mekanik, perancangan rangkaian elektronika seperti: rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega8535, rangkaian power suplai, rangkaian sensor LM35, rangkaian sensor photodiode dan infrared, serta rangkaian relay.

3.2.1 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler digunakan untuk mengolah hasil signal yang diterima atau yang direspon oleh sensor untuk dibuat menjadi keputusan tertentu. Mikrokontroler yang digunakan adalah berbasis ATmega 8535. Pada gambar

berikut menunjukkan rangkaian *minimum system* (miosis) yang digunakan dalam rangkaian pengendali mikrokontroler.

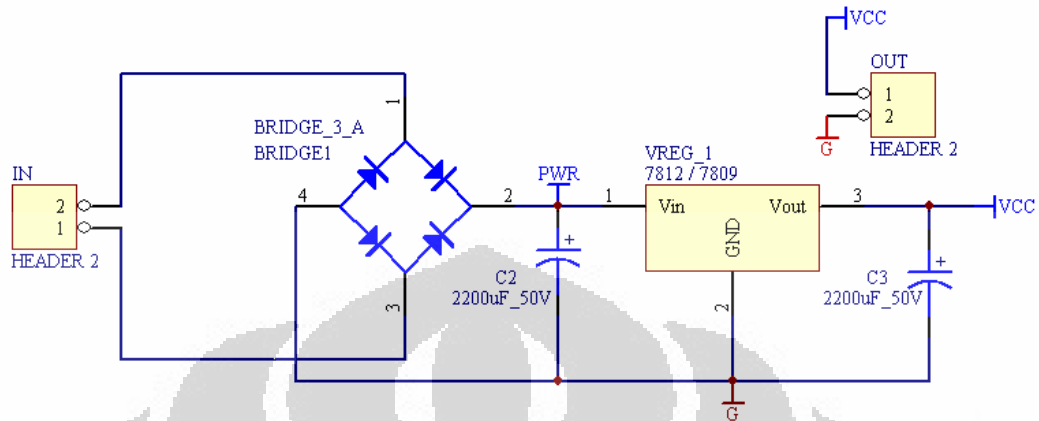


Gambar 15. Rangkaian Mikrokontroler

Mikrocontroller ATmega8535 digunakan sebagai otak dari seluruh pengoperasian perangkat dan pengolah sinyal data yang diterima dari rangkaian sensor untuk diubah menjadi suatu keluaran tertentu. Alamat port yang digunakan dalam mikrokontroler ini adalah PortA sebagai Input untuk sensor suhu LM35 dan sensor Infrared, PortB digunakan untuk output

tampilan indikator LCD, PortC digunakan untuk output driver motor AC, driver pemanas (*heater*) dan driver aktuator (*solenoid valve*).

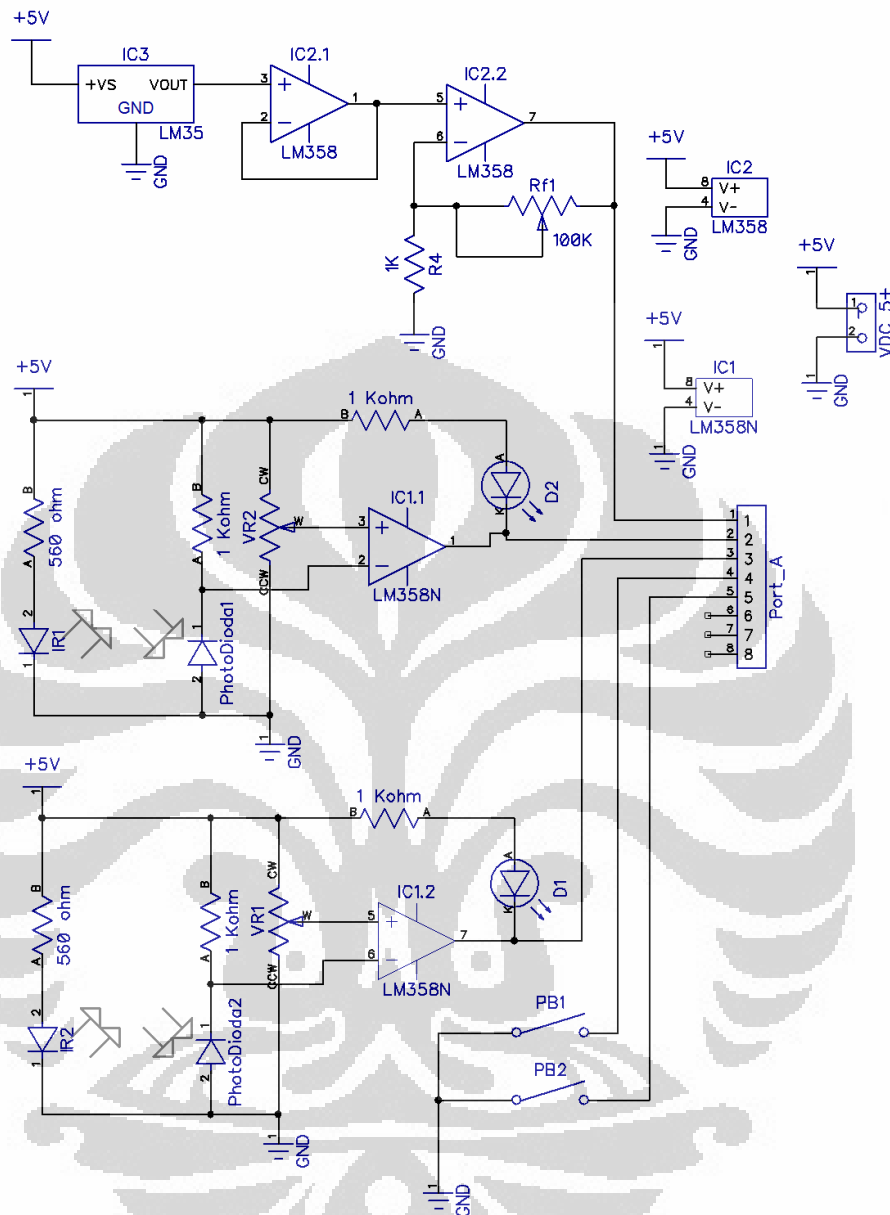
3.2.2 Perancangan Rangkaian *Power Supply*



Gambar 16. Power Supply

Alat ini membutuhkan suplai tegangan antara lain: Tegangan 12 volt dengan menggunakan IC LM7812. Output tegangan 12 Volt digunakan sebagai suplai untuk driver motor AC, driver pemanas (*heater*), dan driver aktuator (*solenoid valve*). Selain itu digunakan juga untuk suplai Minimum Sistem yang menggunakan IC regulator LM7805 untuk mendapatkan output tegangan 5 Volt nantinya. Untuk rangkaian sensor infrared dan photodiode memerlukan suplai tegangan 5 Volt yang didapatkan dari output tegangan dari IC regulator LM7805 yang terdapat pada Minimum Sistem. Sedangkan untuk input tegangan untuk *solenoid valve* DC digunakan IC LM7824 sehingga didapatkan tegangan sebesar 24 VDC sebagai suplai tegangan *solenoid valve*.

3.2.3 Perancangan Rangkaian LM35 Dan *Infrared-Photodioda*



Gambar 17. Rangkaian LM35, *Infrared* Dan *Photodioda*

LM358 suatu IC *Operational Amplifier*, dengan dua input (inverting dan non-inverting). Pada rangkaian LM35 IC pengkondisian sinyal analog terdiri dari penguat penyangga (*buffer*) dan penguat non-inverting amplifier, dimana penguat penyangga berfungsi untuk merubah tegangan impedansi tinggi menjadi tegangan sama pada impedansi rendah. Karena sensor suhu LM35 menghasilkan tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan perubahan

suhu, maka penguat penyangga memastikan agar sinyal ini tidak terpengaruh oleh pembebanan dari penguat berikutnya. Dan penguat non-inverting amplifier berfungsi untuk menguatkan sinyal yang keluar dari rangkaian penyangga (*buffer*). Dimana didalam rangkaian tersebut penguatan dari rangkaian dapat diatur dengan mengubah posisi variabel resistor 100K.

Sedangkan pada rangkaian sensor Infrared photodiode penguat IC ini berfungsi sebagai komparator atau pembanding. Jadi, tegangan antara photodiode dan tegangan referensi dibandingkan. Jika tegangan referensi dihubungkan ke inverting dan lebih besar nilai tegangannya, maka hasil outputnya mendekati VCC, begitu pula sebaliknya. Jika dihubungkan ke non-inverting dan lebih besar tegangannya maka outputnya akan mendekati nol.

Saat photodiode tidak terkena cahaya dari infrared, maka nilai resistansinya mengecil, sehingga tegangan yang masuk melalui kaki inverting LM358 akan jadi lebih besar dari pada tegangan yang masuk melalui kaki non-inverting. Sehingga menyebabkan pada kaki 1, output IC LM358 akan berlogika 1 (high).

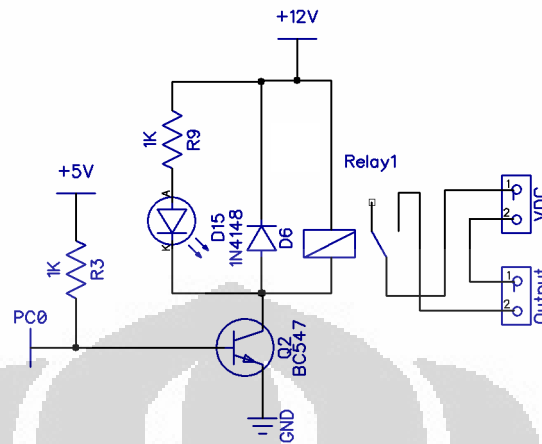
Sedangkan saat photodiode dikenai cahaya dari infrared, maka nilai resistansinya akan besar, sehingga tegangan yang masuk melalui kaki non-inverting akan lebih besar dari pada tegangan yang masuk melalui kaki inverting. Sehingga menyebabkan output dari LM358 akan mendekati nol.

3.2.4 Perancangan Rangkaian Relay

Untuk mengendalikan output dari minsis ATmega8535 seperti motor AC, *heater*, dan *solenoid valve* tidak dapat langsung dikendalikan mikrokontroler tetapi terlebih dahulu harus melalui driver. Driver ini pengendali dengan menggunakan relay, sehingga output-output yang dikendalikan tersebut dapat menggunakan arus AC atau DC tanpa perlu khawatir akan merusak mikrokontroler.

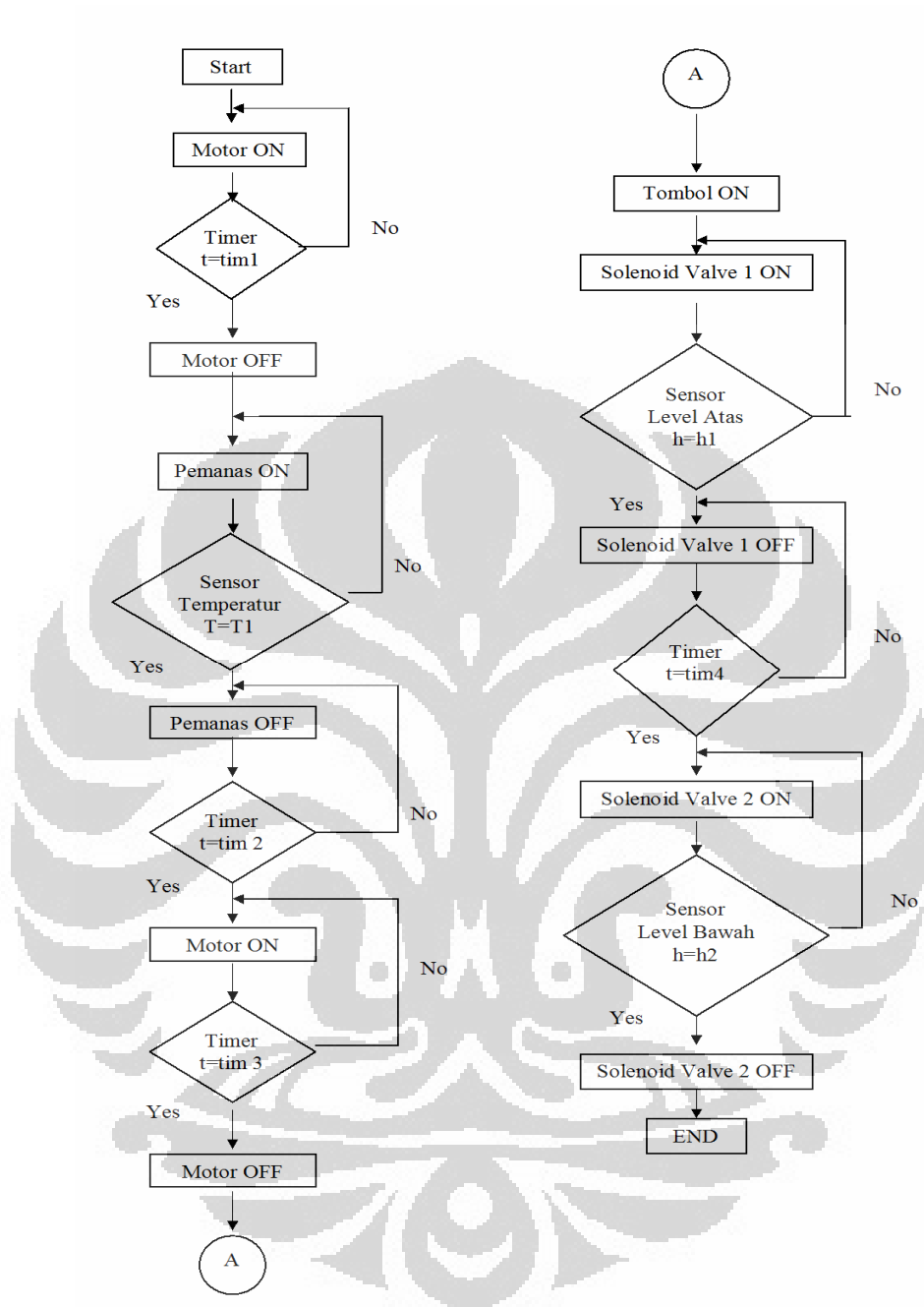
Keluran (*output*) dari mikrokontroler akan masuk ke basis transistor NPN BC547, sehingga jika keluaran mikrokontroler high maka transistor akan saturasi, sehingga arus akan mengalir dari Vcc masuk ke kolektor dan

diteruskan ke emitter. Ketika relay bekerja maka tegangan 12V DC akan disalurkan dan output akan menyala.



Gambar 18. Rangkaian Relay

3.3 Perancangan Software



Gambar 19. Flowchart Program Utama

Dalam perancangan ini dijelaskan tentang konsep sistem tata alur proses kerja sistem mulai dari awal hingga akhir. Proses kerja sistem terbagi menjadi beberapa bagian program yakni: pendeklarasian program, program pembacaan tombol, program proses penggilingan (*blender*) dan pengadukan, program proses

perebusan, program ADC LM35, program proses pengisian, program proses pencacahan jumlah pengisian, dan program pencacahan waktu (*timer*).

Perancangan sistem proses alat ini berjalan secara berkelanjutan (*sequential*), dimana sebelum proses pertama selesai dijalankan maka proses-proses selanjutnya tidak dapat dilakukan. Penjabaran dari proses kerja alat dapat dijelaskan dalam program sebagai berikut.

- **Pendeklarasian program**

‘Deklarasi Header

‘-----

\$regfile "8535def.dat"

‘Deklarasi Kristal

‘-----

\$crystal = 11059200

‘Konfigurasi ADC

‘-----

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc

‘Mengaktifkan ADC

‘-----

Start Adc

‘Konfigurasi PIN Mikro

‘-----

Config Porta = Input

Config Portc = Output

Config Portd = Output

‘Konfigurasi LCD

‘-----

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , _

Db7 = Portb.7 , E = Portb.2 , Rs = Portb.0

Config Lcd = 16 * 2

Cursor Off Noblink

‘Deklarasi Variabel

‘-----

```

Dim Adc0 As Integer
Dim Temp As Single
Dim S_temp As String * 5
Dim A As Integer
Dim B As Byte
Dim C As Integer

```

‘Deklarasi Alias PIN Mikro

```

‘-----
Mtr Alias Portc.7
Pemanas Alias Portc.6
Aktuator_1 Alias Portc.5
Aktuator_2 Alias Portc.4
Ir1 Alias Pina.1
Ir2 Alias Pina.2
Startt Alias Pina.3
Tomb_on Alias Pina.4

```

‘Pengkondisian Port mikro

```

‘-----
Portc = &B00000000      ‘Output Logika 0
Porta = &B00000100      ‘Input Logika 0 Kecuali Infrared 2
Portd = &B00000000      ‘Output Logika 0

```

- **Program Pembacaan Tombol:**

Program pembacaan tombol terbagi menjadi 2 yakni proses pembacaan tombol **Mulai** (*Start*) dan tombol **Pengisian**.

1. Tombol Mulai (*Start*)

```
Pb_start:
```

```
If Startt = 0 Then
```

```
    A = 0          ‘Variabel A Diberi Nilai Awal 0
```

```
    .....
```

```
    .....
```

2. Tombol Pengisian

Cek_tombol:

If Tomb_on = 0 Then

.....

- **Program Proses Penggilingan (*Blender*) Dan Pengadukan:**

Program proses penggilingan dan pengadukan memiliki program yang hampir serupa. Oleh karena itu penulis hanya akan menampilkan program untuk menyalakan motor secara keseluruhan. Tampilan program sebagai berikut.

.....

 Set Mtr 'Motor On
 Waitms 50
 Cls
 Upperline
 Lcd " MOTOR ON " "
 Lowerline
 Lcd " TIME: 0 DETIK "

- **Program Proses Perebusan (*heater*):**

Go:

Set Pemanas 'Pemanas On
 Waitms 50
 Cls
 Upperline
 Lcd " HEATER ON " "
 Lowerline
 Lcd " SUHU: 00 C "

- **Program ADC LM35:**

Adc_lm35:

```

Do
  Adc0 = Getadc(0)           'Menggunakan ADC Jalur Ke 1
  Temp = Adc0 / 10.23
  S_temp = Fusing(temp , "#.#")
  Locate 2 , 9
  Lcd S_temp
  Waitms 100
  If Temp >= 79 Then        'Pernyataan Kondisi (Set Point)
  Do
    Reset Pemanas          'Pemanas Off
    Cls
    Upperline
    Lcd " HEATER OFF "
    Lowerline
    Lcd " TIME: 0 DETIK "
    B = 0
    Goto Detik_pemanas_off
  Loop
End If
Loop

```

- **Program Proses Pengisian:**

```

  Set Aktuator_1           'Solenoid Valve 1 On
  Upperline
  Cls
  Lcd " SOLENOID 1 ON "
  Waitms 200
  Goto Infra_1
End If
Goto Cek_tombol

```

a) Program Sensor Infrared Photodioda 1:

```

  Infra_1:

```

```

If Ir1 = 0 Then
  Reset Aktuator_1      'Solenoid Valve 1 Off
  Cls
  Lcd " SOLENOID 1 OFF "
  Waitms 700
  Set Aktuator_2        'Solenoid Valve 2 On
  Upperline
  Cls
  Lcd " SOLENOID 2 ON "
  Waitms 700
  Goto Infra_2
End If
Goto Infra_1

```

b) Program Sensor Infrared Photodiode 2:

```

Infra_2:
  If Ir2 = 1 Then
    Reset Aktuator_2    'Solenoid Valve 2 Off
    Upperline
    Cls
    Lcd " SOLENOID 2 OFF "
    Waitms 700
    Goto Hitung
  End If
  Goto Infra_2

```

- **Program Pencacahan Waktu (*Timer*):**

Pada program pencacahan waktu berfungsi untuk memberikan berapa lama waktu yang dibutuhkan pada setiap tahapan proses untuk bekerja. Program pencacahan waktu pada sistem kerja sistem digunakan pada tahapan:

1. Pada tahap proses penggilingan
2. Pada tahap proses setelah perebusan/pemanasan selesai
3. Pada tahap proses pengadukan

Berikut adalah penggalan program untuk pencacahan waktu:

.....

.....

Do

If B < 9 Then ‘Pernyataan Kondisi Untuk 1 Digit Angka

 Incr B

 Locate 2 , 8

 Lcd B

 Waitms 200

Else

 If B < 10 Then ‘Pernyataan Kondisi Untuk 2 Digit Angka

 Locate 2 , 8

 Incr B

 Lcd B

 Waitms 200

 Else

 B = 0

.....

.....

 End If

End If

Loop

- **Program Proses Pencacahan Jumlah Pengisian:**

Hitung:

A = A + 1

Cls

Lcd "JUMLAH : GELAS"

Locate 1 , 10

Lcd A

Waitms 100

If A = 6 Then ‘Pernyataan Kondisi


```

Cls
Upperline
Lcd " PROSES SELESAI"
Lowerline
Lcd " TERIMA KASIH "
Wait 1
Goto Mulai          'Kembali Ke Awal Program
Else
Goto Cek_tombol
End If
End                  'Akhir Program

```

Cara Kerja Program:

Setelah melakukan deklarasi program maka program akan menjalankan proses yakni setelah tombol mulai/*start* ditekan motor akan menyala (ON) selama beberapa detik. Setelah time motor menyala (ON) telah terpenuhi maka motor mati (OFF) dan pemanas/*heater* akan menyala (ON) selama sensor suhu LM35 membaca suhu pada perebusan cairan kedelai telah mencapai 79°C (*set point*). Setelah suhu terpenuhi maka motor akan kembali menyala (ON) selama beberapa detik, Setelah selesai motor menyala (ON) maka akan terjadi time delay kembali selama beberapa detik. Setelah proses time delay tersebut terpenuhi maka proses pembuatan susu kedelai telah selesai.

Selanjutnya program akan menjalankan proses pengisian susu kedelai yaitu saat tombol pengisian ON maka aktuator 1 akan terbuka (ON) sehingga cairan susu kedelai mengalir ke wadah takaran hingga sensor level atas yakni **infrared 1 terhalang** maka aktuator 1 tertutup (OFF) dan terjadi time delay selama beberapa detik sebelum aktuator 2 menjadi terbuka (ON) selama sensor level bawah yakni **infrared 2 tidak terhalang** sehingga aktuator 2 menjadi tertutup (OFF) dan program akan kembali menunggu tombol pengisian kembali ditekan. Jika tombol pengisian telah 6 kali ditekan, maka program akan kembali ke awal program.

BAB 4

PENGUJIAN SISTEM DAN ANALISA

Proses terakhir yang harus dilakukan untuk mengetahui apakah sistem berjalan dengan baik yaitu pengujian sistem serta perancangan mekanik yang baik sehingga dapat diketahui kehandalan dari sistem yang dibuat serta menganalisa sistem tersebut. Pengujian alat dilakukan untuk menyesuaikan sistem elektronik dengan sistem mekanik yang dirancang. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan pengujian yang berulang-ulang pada setiap sistem kerja alat tersebut.

4.1 Pengujian Sensor LM35

Pengujian sensor LM35 dilakukan dengan cara membandingkan suhu yang terbaca pada temperatur acuan (termometer analog) terhadap data ADC yang tertampil pada LCD dan mengukur tegangan yang keluar pada kaki Output rangkaian pengkondisi sinyal LM35.

Termometer (°C)	Data ADC	Vout Pengkondisi Sinyal (V)
32	286	1,40
35	298	1,45
40	321	1,51
45	347	1,63
50	374	1,78
55	404	1,90
60	428	2,07
65	452	2,19
70	479	2,32
75	502	2,48
80	530	2,59
85	551	2,70
90	580	2,84
95	615	2,99

Tabel 5. Pengujian Sensor LM35

Dari data tabel diatas, maka dapat dicari suhu konversi dalam satuan°C melalui persamaan dan tegangan yang keluar dari kaki output LM35.

Persamaan suhu konversi (°C):

$$\text{Keluaran ADC} = (\text{ADC max/suhu max}) * \text{temperatur} \\ (1023/100) * \text{temperatur}$$

Atau

$$\text{Temperatur} = (\text{Suhu max/ADC max}) * \text{keluaran ADC} \\ (100/1023) * \text{keluaran ADC}$$

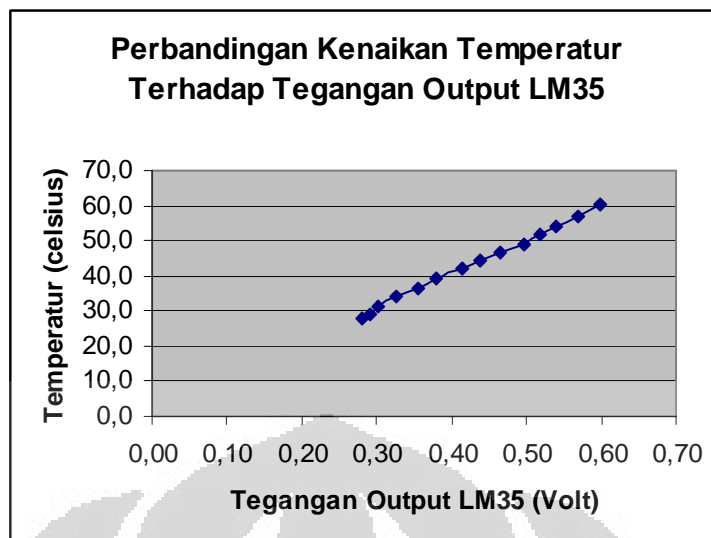
Berdasarkan persamaan tersebut, maka didapatkan perubahan suhu konversi dalam °C(celsius).

Sedangkan untuk mengetahui besar tegangan output LM35 sebelum dikuatkan dapat diketahui berdasarkan tabel data tersebut. Karena penguatan pada rangkaian pengkondisi sinyal sebesar 5 volt, maka data tegangan output pengkondisi sinyal yang terukur dibagi dengan besarnya nilai penguatan tegangan dari rangkaian pengkondisi sinyal yakni 5 volt. Berikut data kenaikan suhu konversi (°C) terhadap perubahan nilai tegangan output LM35 (Volt).

Suhu Konversi (°C)	Vout LM35 (V)
28,0	0,28
29,1	0,29
31,4	0,30
33,9	0,33
36,6	0,36
39,5	0,38
41,8	0,41
44,2	0,44
46,8	0,46
49,1	0,50
51,8	0,52
53,9	0,54
56,7	0,57
60,1	0,60

Tabel 6. Perbandingan Suhu Konversi Dan Tegangan Output LM35

Dari tabel hasil pengujian tersebut diketahui tegangan keluaran sensor LM35 naik sebesar 10 mV untuk setiap 1°C, maka sensor telah bekerja dengan baik.



Gambar 20. Grafik Temperatur Terhadap Tegangan

Berdasarkan gambar grafik perbandingan suhu konversi terhadap tegangan output sensor LM35 tersebut dapat diketahui bahwa sensor suhu LM35 memiliki output yang linier sebesar $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ Celsius.

4.2 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan tegangan berubah-ubah pada bagian masukan penguat akhir (penguat non inverting), kemudian mengukur keluarannya dan dihitung tingkat penguatan tegangan.

Vin (Volt)	Vout (Volt)	AV = Vout/Vin (Volt)
1,00	5,00	5,0
1,13	5,79	5,1
1,24	6,34	5,1
1,31	6,70	5,1
1,43	7,25	5,1
1,51	7,67	5,1
1,64	8,37	5,1
1,78	8,98	5,0
1,86	9,38	5,0
1,92	9,66	5,0
2,02	10,18	5,0

Tabel 7. Pengujian Pengkondisi Sinyal

Dari tabel data pengujian rangkaian pengkondisi sinyal diketahui bahwa rangkaian telah bekerja dengan baik dengan penguatan yang dihasilkan sebesar 5 Volt.

4.3 Pengujian Sistem Pengukuran Temperatur Pada Alat

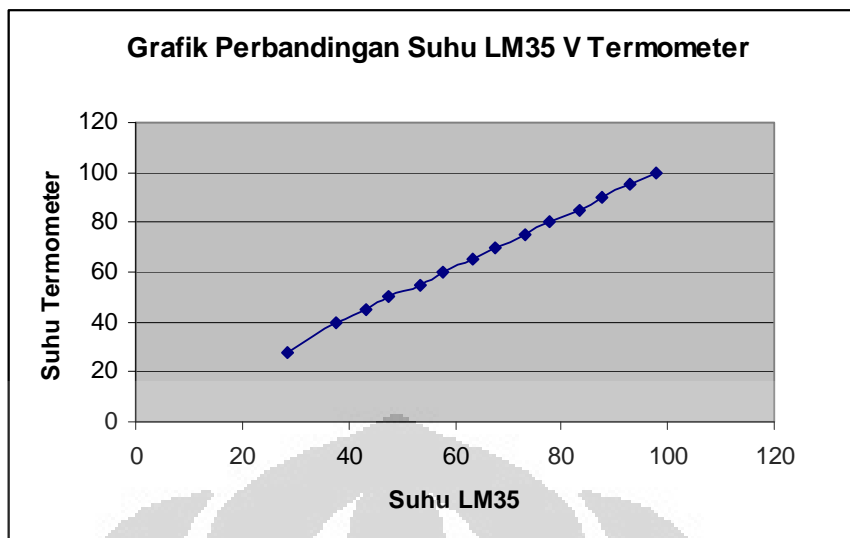
Pengujian sistem pengukuran temperatur pada alat ini dilakukan dengan cara menempatkan sensor LM35 dengan termometer analog dalam suatu wadah atau plant suhu yang sama, kemudian membandingkan antara suhu penunjukan yang tertampil pada LCD dengan penunjukan suhu pada termometer analog.

Suhu Termometer Analog (°C)	Suhu Sensor LM350 (°C)			Suhu Rata-Rata (°C)	Error (°C)
	Data 1	Data 2	Data 3		
28	28,2	28,8	28,6	28,53	0,53
40	38,3	37,3	37,8	37,80	2,20
45	43,3	43,9	43	43,40	1,60
50	47,5	47,7	47,4	47,53	2,47
55	54,3	53,4	53,1	53,60	1,40
60	57,8	57,4	57,8	57,67	2,33
65	63,3	63,5	63,6	63,47	1,53
70	67,8	67,4	67,6	67,60	2,40
75	73,6	72,4	73,9	73,30	1,70
80	78,4	77,3	77,7	77,80	2,20
85	83,6	82,5	83,9	83,33	1,67
90	87,7	87,5	87,9	87,70	2,30
95	92,9	92,7	93,4	93,00	2,00
100	97,9	97,8	97,8	97,83	2,17
Σ Error					26,50

Tabel 8. Perbandingan Suhu Referensi Dengan Suhu LM35

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa sistem kerja alat pada sensor suhu memiliki error rata-rata sebesar 1.89 °C, dimana nilai ini didapat dengan cara menjumlahkan semua nilai error dari setiap pengujian dibagi jumlah pengujian (14 kali). Secara rumus adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total Error} &= \frac{\Sigma \text{ Error}}{\text{Jumlah pengujian}} \\
 &= \frac{26,50 \text{ } ^\circ\text{C}}{14} \\
 &= \mathbf{1,89 \text{ } ^\circ\text{C}}
 \end{aligned}$$



Gambar 21. Grafik Perbandingan Suhu Referensi V Termometer

4.4 Pengujian Sensor *Infrared Photodiode*

Pengujian sensor *infrared photodiode* dilakukan dengan cara mengaktifkan rangkaian sensor dan memberikan halangan antara LED inframerah dengan fotodiode dan mengukur tegangan outputnya.

NO.	Penghalang	Tegangan Output
1	Ada	4,8 V – 5V
2	Tidak	0V – 0,2V

Tabel 9. Data Tegangan Output *Infrared Photodiode*

4.5 Pengujian *Solenoid Valve*

Pengujian dilakukan dengan melakukan proses pengisian cairan susu kedelai dari panci ke gelas takaran sampai dengan ke gelas minum melalui sistem On/off *solenoid valve* dengan hasil sebagai berikut:

Proses Pengisian	Waktu (detik)	
	Solenoid Valve 1	Solenoid Valve 2
1	37,96	61,25
2	41,75	63,80
3	42,15	65,11
4	43,42	65,19
5	43,51	64,81
6	43,74	62,99
Rata-rata	42,09	63,86

Tabel 10. Data Pengisian Susu Kedelai

Dari hasil pengujian didapatkan data yakni untuk mendapatkan segelas susu kedelai ukuran ± 240 ml membutuhkan waktu rata-rata sebesar 105.95 detik, dimana perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Waktu Pengisian} &= \text{Waktu rata-rata } \textit{solenoid valve 1} + \textit{solenoid valve 2} \\ &= 42,09 \text{ detik} + 63,86 \text{ detik} \\ &= \mathbf{105,95 \text{ detik}} \text{ atau } \mathbf{1 \text{ menit } 45,95 \text{ detik}} \end{aligned}$$

4.6 Pengujian ATmega8535

Karena pemrograman menggunakan mode ISP (*In System Programming*) mikrokontroler harus dapat diprogram langsung pada papan rangkaian dan rangkaian mikrokontroler harus dapat dikenali oleh program downloader. Pada pengujian ini berhasil dilakukan dengan dikenalnya jenis mikrokontroler oleh program downloader yaitu ATmega8535.

4.7 Pengujian Relay

Keluaran dari mikrokontroler akan masuk ke basis transistor NPN BC547, sehingga jika keluaran mikrokontroler high maka transistor akan saturasi, sehingga arus akan mengalir dari Vcc masuk ke kolektor dan diteruskan ke emitter. Ketika relay bekerja maka tegangan 12V DC akan disalurkan dan kipas akan menyala.

Transistor BC547 dalam keadaan saturasi jika $I_B(\text{sat}) = 15 \text{ mA}$. Keluaran dari data tegangannya sebesar 5V (High). Maka $I_B = 4,3 \text{ mA}$ sehingga $I_B(\text{sat})$, dan transistor akan saturasi ketika data bernilai High dan arus akan mengalir pada kumparan relay, dioda IN4148 berfungsi menahan tegangan balik dari relay ketika keadaan berubah dari aktif menuju tidak aktif.

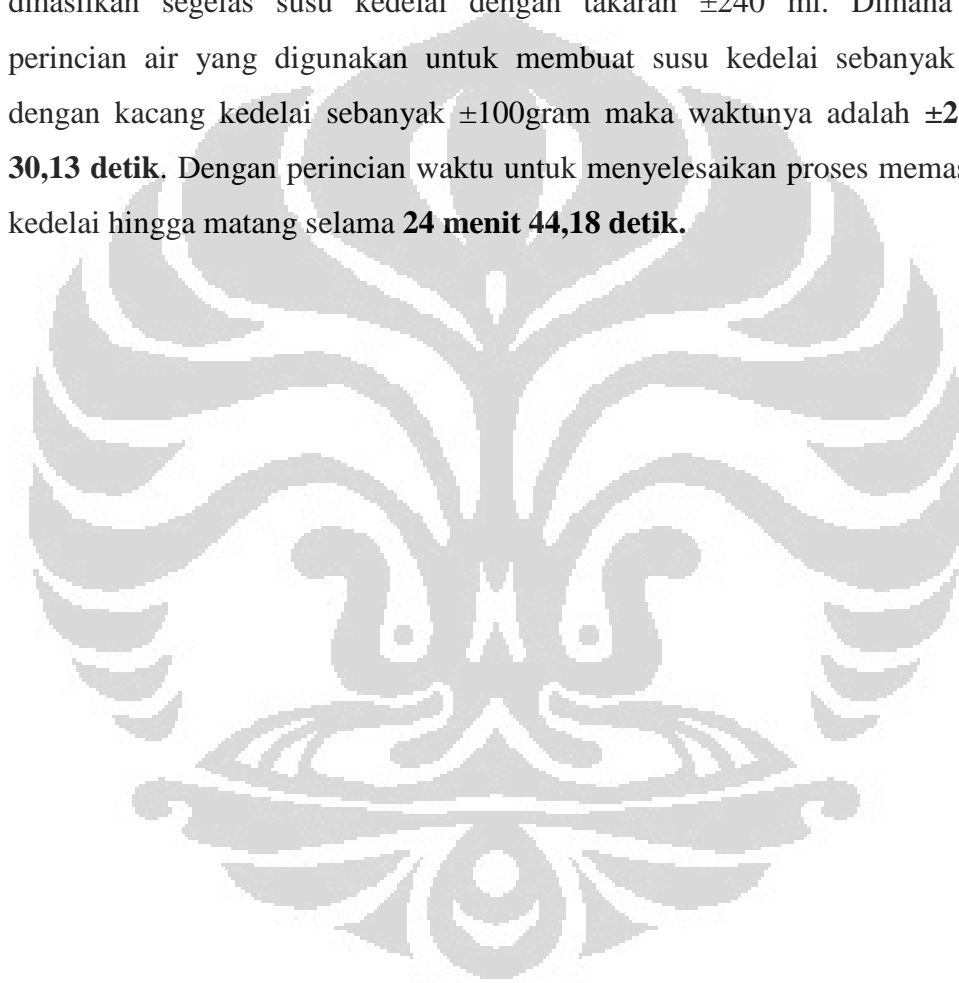
4.8 Pengujian Power Supply

Pengujian rangkaian ini dengan mengukur tegangan keluaran dari *power supply* menggunakan multimeter digital. Setelah dilakukan pengukuran maka diperoleh besarnya tegangan keluaran sebesar 4,9 volt pada regulator L7805.

Setelah itu rangkaian power supply dihubungkan ke sumber arus listrik dan saklar ON/OFF nya diaktifkan ke posisi ON.

4.9 Pengujian Sistem Keseluruhan Alat

Pada proses pengujian keseluruhan alat dilakukan dimulai dari tahap penggilingan, pemanasan, pengadukan dan pengisian. Lama waktu yang dibutuhkan alat untuk menyelesaikan keseluruhan proses kerja sehingga dihasilkan segelas susu kedelai dengan takaran ± 240 ml. Dimana dengan perincian air yang digunakan untuk membuat susu kedelai sebanyak $\pm 1,5$ L dengan kacang kedelai sebanyak ± 100 gram maka waktunya adalah **± 26 menit 30,13 detik**. Dengan perincian waktu untuk menyelesaikan proses memasak susu kedelai hingga matang selama **24 menit 44,18 detik**.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Dari hasil uji coba maka proses pembuatan susu kedelai dapat berjalan dengan baik, dan pada percobaan menggunakan kacang kedelai basah seberat ± 100 gram memerlukan waktu selama 24 menit 44,18 detik untuk membuat 1,5 liter susu kedelai.
2. Dibutuhkan rangkaian peredam percikan api pada *solenoid valve* agar tegangan induktansi yang terjadi pada *solenoid valve* tidak mengganggu sistem kerja alat secara keseluruhan.
3. Tingkat sensitifitas LM35 akan berkurang dengan semakin panjangnya kabel penghubung dan semakin lebarnya bahan perantara LM35 terhadap sumber panas (air) pada mekanik yang digunakan
4. Meminimalisir terjadinya getaran saat motor AC menyala (proses *blender*) dapat dilakukan salah satunya dengan cara membuat peredam getaran yang baik berupa bantalan karet.

5.2 Saran

Diperlukan perencanaan konstruksi mekanik alat yang akurat baik pengukuran maupun ketelitian dari proses kerja pembuatan alat ini. Sehingga pada sistem kerja/proses pembuatan alat ini dapat berkerja dengan baik. Lebih baik lagi jika program yang telah berhasil dibuat ditambahkan pilihan untuk memilih antara susu kedelai yang beraneka rasa ataupun kondisi susu kedelai hangat atau dingin. Dan mudah-mudahan jika ada penerus dalam pembuatan alat ini dapat memperbaiki segala kekurangan yang ada dan dapat memodifikasikannya sehingga dapat mengaplikasikannya dengan lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Iswanto. *Mikrokontroler AT90S2313 dengan BASIC COMPILER*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta. 2009
- Kuphaldt R, Tony. *Lessons In Industrial Instrumentation*. USA: Creative Commons Attribution. 2009
- Saito, Shinroku. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita. 2005
- Stevenson, Gladys T. and Cora Miler. *Introduction to Foods and Nutrition*. USA: John Wiley and Sons. INC. 1960
- Suhardjo, Laura Jane Harper, Brady J Deaton, Judy A. Driskel. *Pangan, gizi dan pertanian*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press). 1986
- Diktat mata kuliah mikrokontroler.
- Datasheet ATMega8535, Atmel, www.alldatasheet.com
- www.ebookpangan.com
- www.soymilkmaker.com
- www.electroniclab.com
- http://www.onsemi.com/pub_link/Collateral/LM339-D.PDF
- <http://yahman7study.blogspot.com/2010/01/soal-lm35.html>

LAMPIRAN

Lampiran. 1 Listing Program Keseluruhan

'Deklarasi Header

```
'-----  
$regfile "8535def.dat"
```

'Deklarasi Kristal

```
'-----  
$crystal = 11059200
```

'Konfigurasi ADC

```
'-----  
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
```

'Mengaktifkan ADC

```
'-----  
Start Adc
```

'Konfigurasi PIN Mikro

```
'-----  
Config Porta = Input  
Config Portc = Output  
Config Portd = Output
```

'Konfigurasi LCD

```
'-----  
Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portb.4 , Db5 = Portb.5 , Db6 = Portb.6 , _  
Db7 = Portb.7 , E = Portb.2 , Rs = Portb.0  
Config Lcd = 16 * 2  
Cursor Off Noblink
```

'Deklarasi Variabel

```
'-----  
Dim Adc0 As Integer  
Dim Temp As Single  
Dim S_temp As String * 5  
Dim A As Integer  
Dim B As Byte  
Dim C As Integer
```

'Deklarasi ALIAS PIN Mikro

```
'-----  
Mtr Alias Portc.7  
Pemanas Alias Portc.6  
Aktuator_1 Alias Portc.5
```

(Lanjutan)

Aktuator_2 Alias Portc.4
Ir1 Alias Pina.1
Ir2 Alias Pina.2
Startt Alias Pina.3
Tomb_on Alias Pina.4

```
Portc = &B00000000  
Porta = &B00000100  
Portd = &B00000000  
A = 0
```

'Program Utama

Mulai:

```
Cls  
Upperline  
Lcd " TUGAS AKHIR "  
Lowerline  
Lcd " INSTRUMENT 07 "  
Waitms 700  
Cls  
Upperline  
Lcd " ALAT PEMBUAT "  
Lowerline  
Lcd " SUSU KEDELAI "
```

Pb_start:

```
If Startt = 0 Then  
Portd = &B00000000  
A = 0
```

Lompat1:

```
Set Mtr  
Waitms 50  
Cls  
Upperline  
Lcd " MOTOR ON "  
Lowerline  
Lcd " TIME: 0 DETIK "
```

Detik_motor_on1:

```
Do  
If B < 9 Then  
Incr B  
Locate 2 , 8  
Lcd B
```

(Lanjutan)

```
Waitms 200
Else
  If B < 10 Then
    Locate 2 , 8
    Incr B
    Lcd B
    Waitms 200
  Else
    B = 0
    Reset Mtr
    Cls
    Lcd " MOTOR OFF "
    Waitms 400
    Goto Go
  End If
End If
Loop
End If
Goto Pb_start

Go:
Set Pemanas
Waitms 50
Cls
Upperline
Lcd " HEATER ON "
Lowerline
Lcd " SUHU: 00 C "
```

‘Program ADC

```
-----
Adc_lm35:
Do
  Adc0 = Getadc(0)
  Temp = Adc0 / 10.23
  S_temp = Fusing(temp , "#.#")
  Locate 2 , 9
  Lcd S_temp
  Waitms 100

  If Temp >= 79 Then
    Do
      Reset Pemanas
      Cls
      Upperline
      Lcd " HEATER OFF "
```

(Lanjutan)

```
Lowerline  
  Lcd " TIME: 0 DETIK "  
  B = 0  
  Goto Detik_pemanas_off  
Loop  
End If
```

Loop

Detik_pemanas_off:

```
Do  
  If B < 9 Then  
    Incr B  
    Locate 2 , 8  
    Lcd B  
    Waitms 200  
  Else  
    If B < 12 Then  
      Locate 2 , 8  
      Incr B  
      Lcd B  
      Waitms 200  
    Else  
      B = 0  
      Goto Lompat2  
    End If  
  End If  
End If  
Loop
```

Lompat2:

```
Set Mtr  
Waitms 50  
Cls  
Upperline  
Lcd " MOTOR ON "  
Lowerline  
Lcd " TIME: 0 DETIK "
```

Detik_motor_on2:

```
Do  
  If B < 9 Then  
    Incr B  
    Locate 2 , 8  
    Lcd B  
    Waitms 200  
  Else
```

(Lanjutan)

```
If B < 10 Then
    Locate 2 , 8
    Incr B
    Lcd B
    Waitms 200
Else
    B = 0
    Reset Mtr
    Cls
    Upperline
    Lcd " MOTOR OFF "
    Lowerline
    Lcd " CEK TOMBOL "
    Waitms 400
    Goto Cek_tombol
End If
End If
Loop
```

‘Sub Program

```
Cek_tombol:
If Tomb_on = 0 Then
    Set Aktuator_1
    Reset Aktuator_2
    Upperline
    Cls
    Lcd " SOLENOID 1 ON "
    Waitms 200
    Goto Infra_1
End If
Goto Cek_tombol
```

```
Infra_1:
If Ir1 = 0 Then
    Reset Aktuator_1
    Cls
    Lcd " SOLENOID 1 OFF "
    Waitms 700
    Set Aktuator_2
    Upperline
    Cls
    Lcd " SOLENOID 2 ON "
    Waitms 700
    Goto Infra_2
End If
```

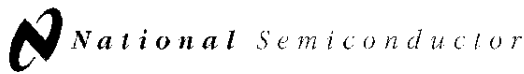
(Lanjutan)

```
Goto Infra_1

Infra_2:
  If Ir2 = 1 Then
    Reset Aktuator_2
    Upperline
    Cls
    Lcd " SOLENOID 2 OFF "
    Waitms 700
    Goto Hitung
  End If
  Goto Infra_2

Hitung:
  A = A + 1
  Cls
  Lcd "JUMLAH : GELAS"
  Locate 1 , 10
  Lcd A
  Waitms 100
  Portd = A
  If A = 6 Then
    Cls
    Upperline
    Lcd " PROSES SELESAI"
    Lowerline
    Lcd " TERIMA KASIH "
    Wait 1
    Goto Mulai
  Else
    Goto Cek_tombol
  End If

End
```

November 2000

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 μA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

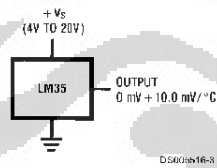
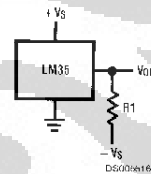


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\text{ mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\text{ mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\text{ mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

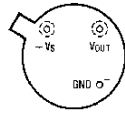
LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

(Lanjutan)

LM35

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



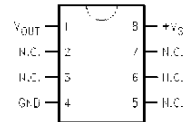
BOTTOM VIEW
DS0065-16-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

See NS Package Number H03H

SO-8
Small Outline Molded Package

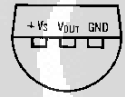


DS0065-16-21

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-92
Plastic Package



BOTTOM VIEW
DS0065-16-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

TO-220
Plastic Package*



DS0065-16-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

(Lanjutan)

LM35

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		µA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	µA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		µA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

(Lanjutan)

LM35

Electrical Characteristics								
(Notes 1, 6)								
Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0	± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_A = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} < T_J < +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} < T_J < +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} < T_J < +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$, junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

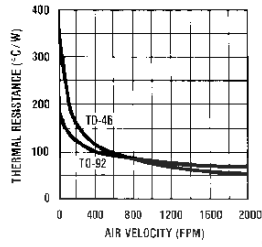
Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

(Lanjutan)

LM335

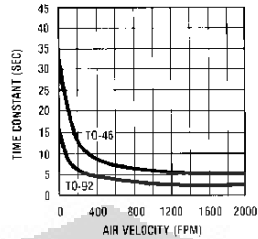
Typical Performance Characteristics

Thermal Resistance Junction to Air



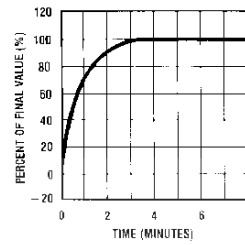
D5006b16-2b

Thermal Time Constant



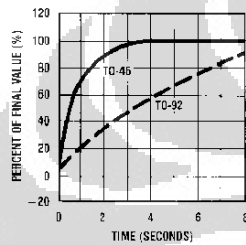
D5006b16-2b

Thermal Response in Still Air



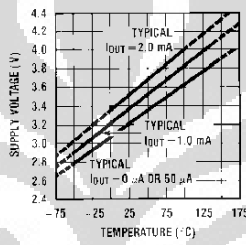
D5006b16-2c

Thermal Response in Stirred Oil Bath



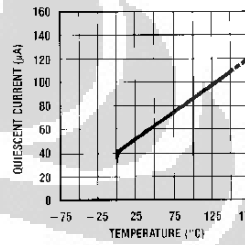
D5006b16-2d

Minimum Supply Voltage vs. Temperature



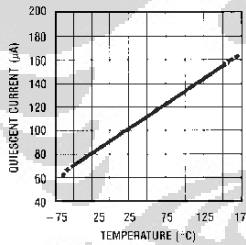
D5006b16-2e

Quiescent Current vs. Temperature (In Circuit of Figure 1.)



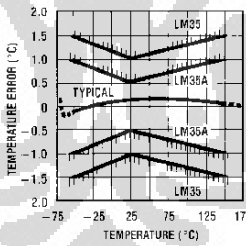
D5006b16-2f

Quiescent Current vs. Temperature (In Circuit of Figure 2.)



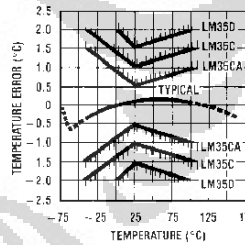
D5006b16-31

Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



D5006b16-32

Accuracy vs. Temperature (Guaranteed)



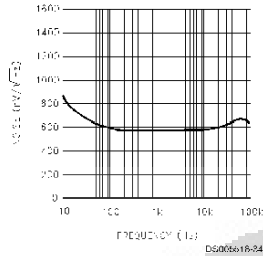
D5006b16-33

(Lanjutan)

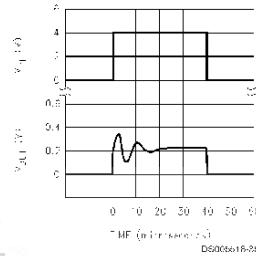
LM35

Typical Performance Characteristics (Continued)

Noise Voltage



Start-Up Response



Applications

The LM35 can be applied easily in the same way as other integrated-circuit temperature sensors. It can be glued or cemented to a surface and its temperature will be within about 0.01°C of the surface temperature.

This presumes that the ambient air temperature is almost the same as the surface temperature; if the air temperature were much higher or lower than the surface temperature, the actual temperature of the LM35 die would be at an intermediate temperature between the surface temperature and the air temperature. This is especially true for the TO-92 plastic package, where the copper leads are the principal thermal path to carry heat into the device, so its temperature might be closer to the air temperature than to the surface temperature.

To minimize this problem, be sure that the wiring to the LM35, as it leaves the device, is held at the same temperature as the surface of interest. The easiest way to do this is to cover up these wires with a bead of epoxy which will insure that the leads and wires are all at the same temperature as the surface, and that the LM35 die's temperature will not be affected by the air temperature.

The TO-46 metal package can also be soldered to a metal surface or pipe without damage. Of course, in that case the V- terminal of the circuit will be grounded to that metal. Alternatively, the LM35 can be mounted inside a sealed-end metal tube, and can then be dipped into a bath or screwed into a threaded hole in a tank. As with any IC, the LM35 and accompanying wiring and circuits must be kept insulated and dry, to avoid leakage and corrosion. This is especially true if the circuit may operate at cold temperatures where condensation can occur. Printed-circuit coatings and varnishes such as Humiseal and epoxy paints or dips are often used to insure that moisture cannot corrode the LM35 or its connections.

These devices are sometimes soldered to a small light-weight heat fin, to decrease the thermal time constant and speed up the response in slowly-moving air. On the other hand, a small thermal mass may be added to the sensor, to give the steadiest reading despite small deviations in the air temperature.

Temperature Rise of LM35 Due To Self-heating (Thermal Resistance, θ_{JA})

	TO-46, no heat sink	TO-46*, small heat fin	TO-92, no heat sink	TO-92**, small heat fin	SO-8 no heat sink	SO-8**, small heat fin	TO-220 no heat sink
Still air	400°C/W	100°C/W	180°C/W	140°C/W	220°C/W	110°C/W	90°C/W
Moving air	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W	105°C/W	90°C/W	26°C/W
Still oil	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W			
Stirred oil	50°C/W	30°C/W	45°C/W	40°C/W			
(Clamped to metal, infinite heat sink)		(24°C/W)			(55°C/W)		

*Wakefield type 201, or 1" disc of 0.020" sheet brass, soldered to case, or similar.

**TO-92 and SO-8 packages glued and leads soldered to 1" square of 1/16" printed circuit board with 2 oz. foil or similar.

Typical Applications

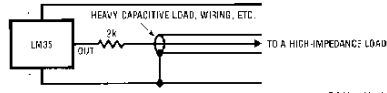


FIGURE 3. LM35 with Decoupling from Capacitive Load

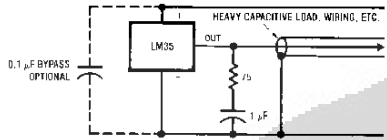


FIGURE 4. LM35 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS

Like most micropower circuits, the LM35 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LM35 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor; see *Figure 3*. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground; see *Figure 4*.

When the LM35 is applied with a 200Ω load resistor as shown in *Figure 5*, *Figure 6* or *Figure 8* it is relatively immune to wiring capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by intense electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with arcing brushes, SCR transients, etc. as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{IN} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in *Figure 13*, *Figure 14*, and *Figure 16*.

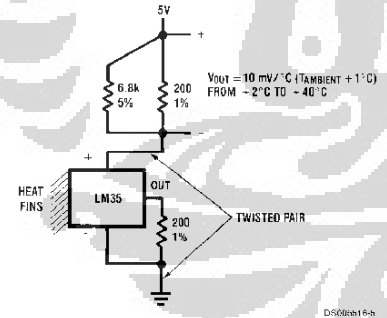


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

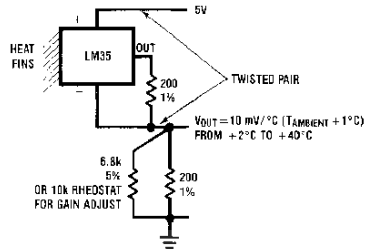


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

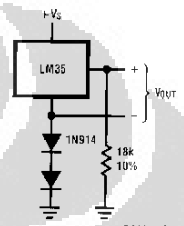


FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55° to +150°C

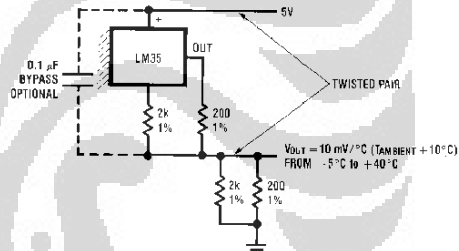


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

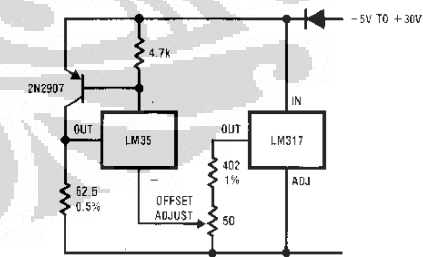
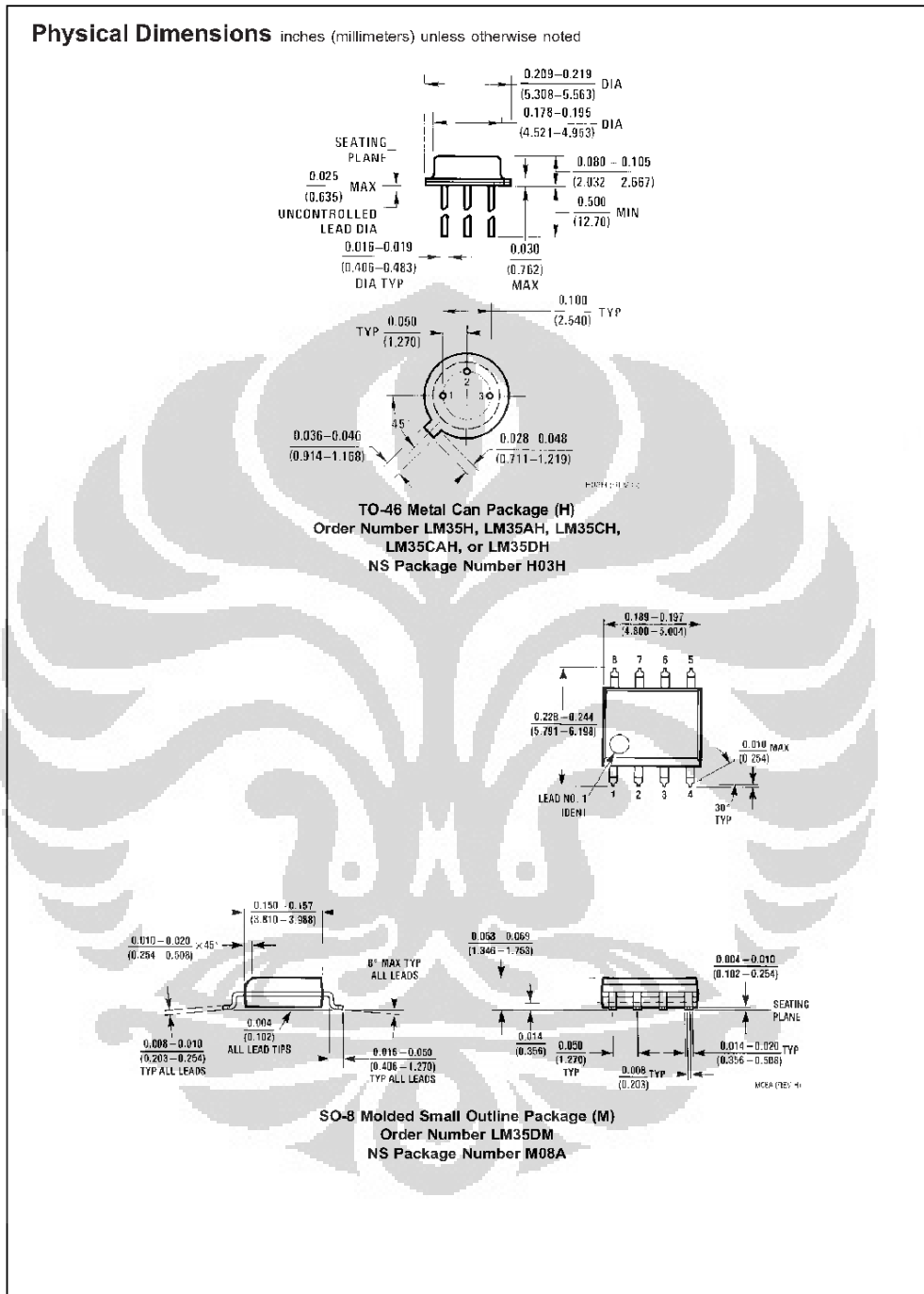


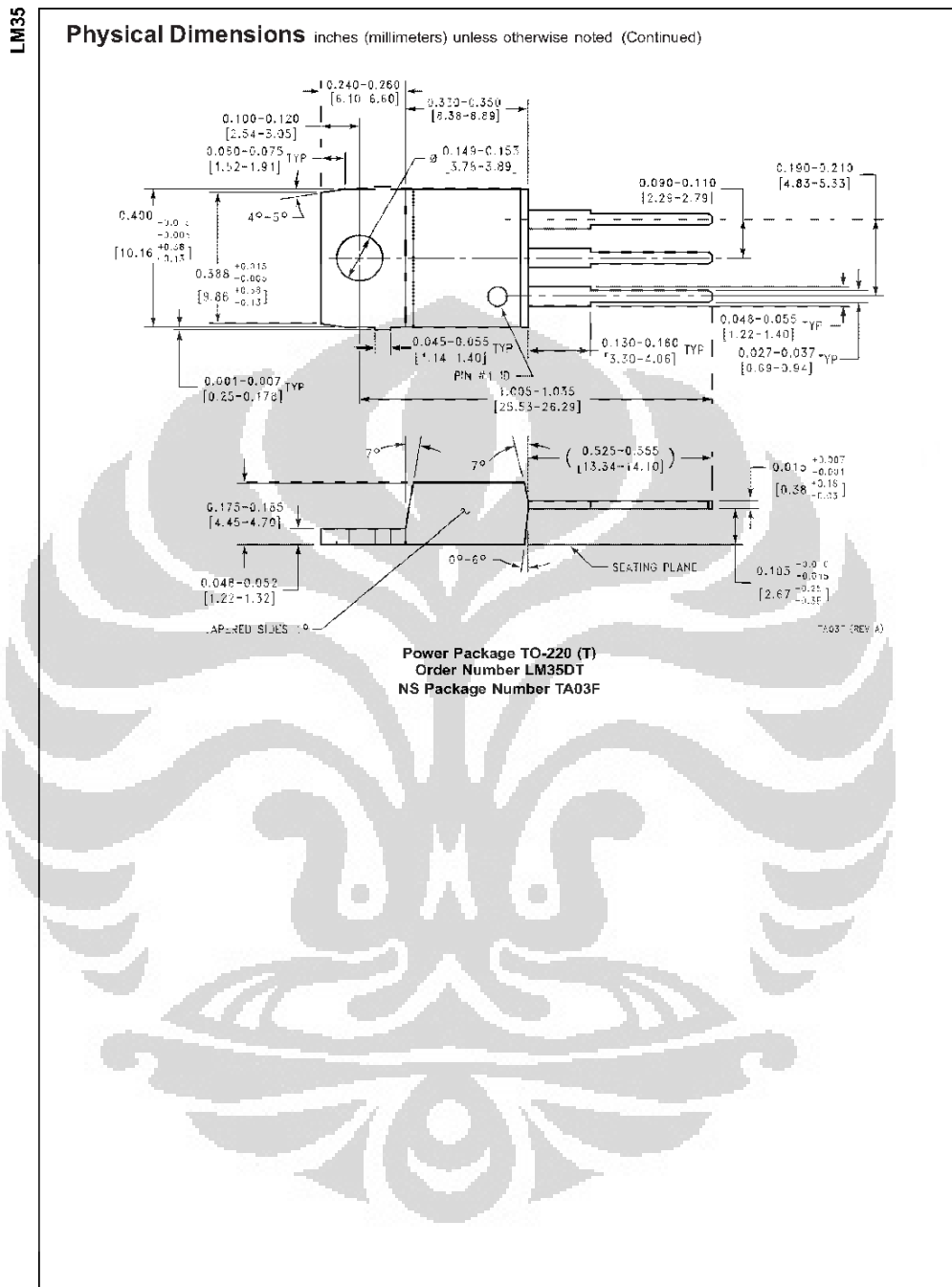
FIGURE 9. 4-To-20 mA Current Source (0°C to +100°C)

(Lanjutan)

LM35



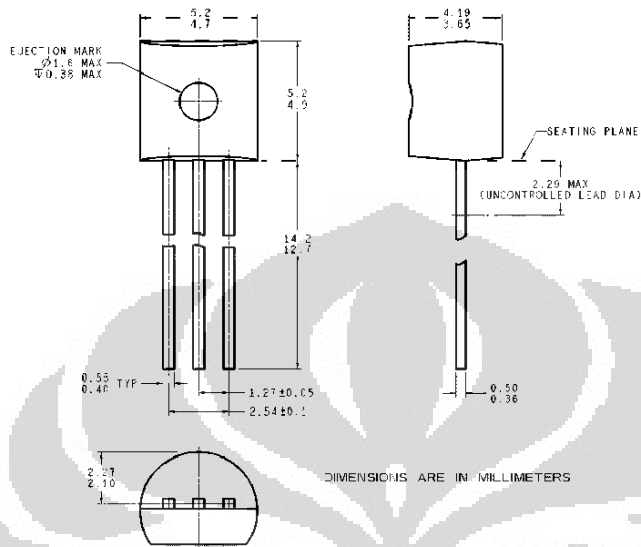
(Lanjutan)



(Lanjutan)

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 35 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9503 6206
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8750

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

Lampiran. 3 Poto Alat

