

repository.ub.ac.id

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGONTROL
LEVEL DAN SUHU PADA ALAT PASTEURISASI SUSU
BERBASIS LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:

**MARETTA SULAN
NIM. 0210633057 – 63**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2007**



repository.ub.ac.id

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGONTROL
LEVEL DAN SUHU PADA ALAT PASTEURISASI SUSU
BERBASIS LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh:

**MARETTA SULAN
NIM. 0210633057 – 63**

Telah Diperiksa dan Disetujui

Dosen Pembimbing :

Fitriana Suhartati, ST, MT.
NIP. 132 206 527

Moch. Rif'an, ST, MT.
NIP.132 283 659



repository.ub.ac.id

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGONTROL
LEVEL DAN SUHU PADA ALAT PASTEURISASI SUSU
BERBASIS LOGIKA FUZZY**

SKRIPSI

Disusun oleh :

MARETTA SULAN
NIM. 021 0633 057 - 63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
Pada tanggal:

18 Januari 2007

MAJELIS PENGUJI

Chairuzzaini, Ir.
NIP. 130 682 589

Rusmi Ambarwati, ST, MT.
NIP. 132 258 188

Moch. Rusli, Ir, Dipl-Ing.
NIP. 131 653 473

Erni Yudaningtyas, Ir, MT.
NIP. 131 879 035

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Purwanto, MT.
NIP. 131 653 818



PENGANTAR

Assalamu' alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT Tuhan yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi dengan judul "Perancangan dan Pembuatan Alat Pengontrol Level dan Suhu pada Alat Pasteurisasi Susu Berbasis Logika Fuzzy" ini bisa selesai dengan waktu yang tepat.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi persyaratan kelulusan dalam menyelesaikan pendidikan dan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik Jurusan Elektro Universitas Brawijaya Malang.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini banyak memperoleh dorongan serta bantuan dari berbagai pihak. Maka dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada :

1. Ibuku, Bapakku, Kakakku dan Adik-adikku yang tak pernah sedetikpun lupa memberikan aku restu dan semangat tempur.
2. Ibu Fitriana Suhartati ST, MT dan Bapak Moch. Rif' an ST, MT selaku dosen pembimbing.
3. Bapak Ir. Purwanto MT, dan Bapak Ir. Heri Purnomo selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, dan seluruh Staf Pengajar dan Karyawan Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Teman seperjuangan 2002 GAMERS.
5. Sue' team (Detty, Elin, Minang, Mojenk, Nopi, Oelan, Pupi, Wita).

Penyusun menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena itulah segala kritik dan saran yang mengarah kepada perbaikan akan sangat penyusun terima dengan senang hati.

Semoga Allah SWT selalu bersama kita dalam menempuh hidup.

Wassalamu' alaikum Wr. Wb
Malang, 11 Januari 2007

Penyusun



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
II. DASAR TEORI	
2.1 Sensor level	4
2.1.1 Light Emiting Diode (LED) Infra merah	4
2.1.2 Phototransistor	5
2.2 Sensor suhu	5
2.3 Driver pompa dan pemanas	6
2.3.1 Triac	6
2.3.2 Triac BT 136	7
2.3.3 Optotriac	8
2.3.4 Optotriac MOC 3021	8
2.4 Pengkondisi sinyal analog	9
2.4.1 Penguat penyangga (Buffer)	9
2.4.2 Penguat Tak Membalik (Non-Inverting Amplifier)	10
2.5 ADC 0804	11
2.6 Motor DC	12
2.7 Kontrol Logika fuzzy	13
2.7.1 Unit fuzzifikasi	16

2.7.2	Basis Pengetahuan (Knowledge Base)	17
2.7.2.1	Basis aturan	18
2.7.2.2	Basis data	18
2.7.3	Unit pengambilan keputusan (Inference)	18
2.7.6	Defuzzifikasi	19
2.8	Mikrokontroler AT89S52	20
2.8.1	Konfigurasi pin	22
2.8.2	Struktur dan operasi port	24
2.8.3	Register fungsi khusus	25
2.8.4	Osilator	26
2.8.5	Reset	27
III.	METODOLOGI PENELITIAN	
3.1	Studi literatur	28
3.2	Penentuan spesifikasi alat	28
3.3	Perealisasi alat	29
3.3.1	Perancangan perangkat keras dan perealisasi tiap blok	29
3.3.2	Perancangan dan perealisasi perangkat lunak	29
3.4	Pengujian alat	29
3.4.1	Pengujian perangkat keras	30
3.4.2	Pengujian perangkat lunak	30
3.4.3	Pengujian keseluruhan sistem	30
3.5	Analisa data dan kesimpulan	30
IV.	PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
4.1	Gambaran umum	31
4.2	Perancangan hardware	31
4.2.1	Rangkaian sensor level	32
4.2.1.1	Rangkaian pemancar	33
4.2.1.2	Rangkaian penerima	33
4.2.1.3	Rangkaian sensor level II	34
4.2.2	Rangkaian sensor suhu	35
4.2.3	Rangkaian pengkondisi sinyal analog	36

4.2.4	Rangkaian ADC 0804	38
4.2.5	Rangkaian <i>driver</i> pompa dan pemanas	39
4.2.6	Rangkaian motor DC	41
4.2.7	Sistem mikrokontroler AT89S52	42
4.3	Perancangan software	43
4.3.1	Fuzzifikasi	44
4.3.2	Inferensi Fuzzy	45
4.3.3	Defuzzifikasi	47
V.	PENGUJIAN DAN ANALISIS	
5.1	Pengujian sensor level	48
5.2	Pengujian sensor level II	49
5.3	Pengujian rangkaian sensor suhu	50
5.4	Pengujian rangkaian penguat	52
5.5	Pengujian rangkaian Analog to Digital Converter	54
5.6	Pengujian rangkaian <i>driver</i> pompa dan pemanas	55
5.7	Pengujian rangkaian <i>driver</i> DC	56
5.8	Pengujian sistem mikrokontroler	57
5.9	Pengujian sistem keseluruhan	58
5.10	Prinsip kerja rangkaian/ alat	61
VI.	PENUTUP	
6.1	Kesimpulan	62
6.2	Saran	62
	DAFTAR PUSTAKA	63
	LAMPIRAN 1	64
	LAMPIRAN 2	67
	LAMPIRAN 3	70
	LAMPIRAN 4	74

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hubungan antara suhu dan tegangan keluaran sensor suhu	36
Tabel 4.2	<i>Rules</i> level dan suhu	46
Tabel 5.1	Hasil pengujian rangkaian sensor level	49
Tabel 5.2	Hasil pengujian rangkaian sensor level II	50
Tabel 5.3	Hasil pengujian rangkaian sensor suhu	51
Tabel 5.4	Hasil pengujian rangkaian penguat	53
Tabel 5.5	Hasil pengujian ADC	55
Tabel 5.6	Hasil pengujian <i>driver</i> pemanas	56
Tabel 5.7	Hasil pengujian <i>driver</i> DC	57
Tabel 5.8	Hasil pengujian sistem mikrokontroler	58
Tabel 5.9	<i>Rules</i> level dan suhu	59
Tabel 5.10	Hasil pengujian rangkaian keseluruhan	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Simbol LED Infra Merah	4
Gambar 2.2	Phototransistor	5
Gambar 2.3	Sensor suhu LM 35	6
Gambar 2.4.	Lambang triac.....	6
Gambar 2.5	Karakteristik arus-tegangan triac dengan gerbang terbuka	7
Gambar 2.6	Konfigurasi terminal triac BT 136	7
Gambar 2.7	Simbol optotriac	8
Gambar 2.8	Konfigurasi pin MOC 3021	9
Gambar 2.9	Penguat penyangga	10
Gambar 2.10	Penguat <i>Non-Inverting</i>	10
Gambar 2.11	Konfigurasi pin-pin ADC 0804	12
Gambar 2.12	Motor DC	13
Gambar 2.13	Himpunan fuzzy pada variabel temperatur	14
Gambar 2.14	Struktur kontroler logika fuzzy dasar	15
Gambar 2.15	Metode penalaran fuzzy MAX-MIN	19
Gambar 2.16	Arsitektur mikrokontroler	21
Gambar 2.17	Blok diagram AT89S52	22
Gambar 2.18	Konfigurasi pin dari AT89S52	23
Gambar 2.19	Rangkaian osilator	27
Gambar 2.20	(a) Rangkaian <i>power on reset</i>	27
	(b) Rangkaian ekivalen <i>power on reset</i>	27
Gambar 4.1	Blok diagram sistem	31
Gambar 4.2	Blok diagram sistem kontrol level dan suhu	32
Gambar 4.3	Rangkaian sensor level	32
Gambar 4.4	Rangkaian pemancar	33
Gambar 4.5	Rangkaian penerima.....	34
Gambar 4.6	Rangkaian elektroda.....	35
Gambar 4.7	Rangkaian sensor level II	35
Gambar 4.8	Rangkaian sensor suhu	36
Gambar 4.9	Rangkaian pengkondisi sinyal	38
Gambar 4.10	Rangkaian ADC 0804	38

Gambar 4.11	Rangkaian <i>driver</i> pemanas	40
Gambar 4.12	Rangkaian <i>driver</i> pengaduk	41
Gambar 4.13	Minimum sistem mikrokontroler AT89S52.....	42
Gambar 4.14	Diagram alir pemrograman fuzzy secara umum	43
Gambar 4.15	Fuzzyfikasi level dan suhu	44
Gambar 4.16	Fuzzyfikasi pemanas	45
Gambar 5.1	Blok diagram pengujian rangkaian sensor posisi	49
Gambar 5.2	Blok diagram pengujian rangkaian sensor level	50
Gambar 5.3	Blok diagram pengujian rangkaian sensor suhu	51
Gambar 5.4	Blok diagram pengujian rangkaian penguat	52
Gambar 5.5	Blok diagram pengujian rangkaian ADC	54
Gambar 5.6	Blok diagram pengujian rangkaian <i>driver</i> pemanas.....	56
Gambar 5.7	Blok diagram pengujian rangkaian <i>driver</i> motor DC	56
Gambar 5.8	Blok diagram pengujian rangkaian mikrokontroler	57
Gambar 5.9	Grafik pengujian pompa	59
Gambar 5.10	Grafik pengujian sensor suhu terhadap tegangan keluaran	60
Gambar 5.11	Grafik pengujian sensor suhu terhadap waktu dengan suhu awal 27°C	61

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Rangkaian keseluruhan	64
Lampiran 2	Foto alat	67
	Alat pasteurisasi	68
	Rangkaian Elektronika	69
Lampiran 3	Program software	70
Lampiran 4	Data sheet komponen elektronika	74
	Sensor suhu LM 35	75
	<i>Triac</i> BT 136	81
	<i>Optotriac</i> MOC 3021	84
	Transistor BD 139	90
	ADC 0804	94
	Mikrokontroler AT89S52	100



RINGKASAN

Maretta Sulan. 2007. *Perancangan dan Pembuatan Alat Pengontrol Level dan Suhu Pada Alat Pasteurisasi Susu Berbasis Logika Fuzzy*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Dosen Pembimbing: Fitriana Suhartati, ST. MT dan Moch. Rif' an, ST. MT.

Pasteurisasi adalah proses pemanasan dengan menggunakan suhu antara 63°C - 72°C atau 63°C selama 30 menit atau 72°C selama 5 menit guna memberikan perlindungan maksimum terhadap penyakit yang dibawa oleh susu dengan mengurangi seminimal mungkin kehilangan zat gizinya dan cita rasa susu segar serta untuk mematikan dan merusak mikroba patogen.

Logika *fuzzy* merupakan suatu logika yang lebih dekat dengan cara berpikir manusia dibandingkan dengan logika klasik (*crisp*). Kalau pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1. Pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Kontrol logika *fuzzy* yang digunakan pada sistem ini mempunyai dua masukan yaitu level dan suhu dan satu keluaran yaitu pemanas. Level dan suhu masing-masing dibagi menjadi lima fungsi anggota segitiga simetris yaitu *negative big* (NB), *negative small* (NS), *zero* (Z), *positive small* (PS), *positive big* (PB).

Pada dasarnya kerja dari alat atau rangkaian keseluruhan ini adalah semua piranti sistem ini menggunakan mikrokontroler sebagai pengendali utama. Sedangkan media pengolahan susu pasteurisasi ini menggunakan tiga tabung. Pada tabung pertama susu diisikan secara manual setelah tabung penuh baru sistem diaktifkan. Pada saat sistem aktif, maka pompa I mulai memompa susu dari tabung pertama ke tabung kedua sampai dengan level yang diinginkan terpenuhi yang dideteksi oleh sensor level II, kemudian pompa I akan "OFF", motor cairan gula dan aroma "ON", pengaduk "ON", pemanas "ON", setelah suhu terpenuhi sesuai dengan *set point* yaitu 72°C suhu tersebut dipertahankan selama 5 menit setelah itu maka pemanas akan "OFF", pengaduk "OFF" dan pompa II "ON" untuk pengisian ke tabung III. Pada saat susu pada tabung II habis maka pompa II "OFF". Untuk pengisian susu ke gelas dengan cara menekan limit switch maka valve akan membuka dalam beberapa detik. Proses tersebut berulang terus sampai susu pada tabung III habis. Dan proses berulang mulai dari awal.

Analisis hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa alat mampu berfungsi baik dengan sensor suhu yang digunakan untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran elektrik mempunyai prosentase kesalahan pendeteksian sebesar 0,39%, rangkaian pengkondisi sinyal mempunyai prosentase kesalahan untuk penguatan sebesar 0,03%, dan rangkaian *Analog to Digital* dapat mengkonversi sinyal analog dari 0 – 5 volt dengan penyimpangan sebesar 0,52 %. Dari data tersebut sistem kerja alat pengontrol level dan suhu pada alat pasteurisasi susu dapat bekerja dengan baik.

Kata kunci: Pasteurisasi, Logika *Fuzzy*.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dewasa ini perkembangan teknologi di bidang sistem kontrol dan elektronika sedemikian pesatnya sehingga membawa dampak yang luar biasa di berbagai bidang kehidupan. Kehadiran teknologi baru diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam teknologi yang lain, sehingga proses-proses yang dikerjakan secara manual dapat dilakukan secara otomatis, akurat dan efisien.

Susu merupakan salah satu bahan pangan bergizi yang dapat dijadikan alternatif untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Permintaan konsumen terhadap susu dan produk-produk olahan susu terus meningkat. Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi produsen untuk meningkatkan produksi dan mutu susu yang dihasilkan karena konsumen semakin selektif dalam memilih susu dan produk-produk olahan susu yang bermutu tinggi. Susu merupakan bahan baku utama untuk proses pembuatan segala macam produk-produk olahan susu. Zat-zat gizi yang terkandung dalam susu sangat dibutuhkan oleh tubuh yaitu antara lain, air, protein, lemak, vitamin dan enzim.

Pasteurisasi adalah proses pemanasan dengan menggunakan suhu antara 63°C - 72°C atau 63°C selama 30 menit atau 72°C selama 5 menit guna memberikan perlindungan maksimum terhadap penyakit yang dibawa oleh susu dengan mengurangi seminimal mungkin kehilangan zat gizinya dan cita rasa susu segar serta untuk mematikan dan merusak mikroba patogen.

Susu merupakan bahan pangan yang rentan terhadap perubahan-perubahan baik yang bersifat fisik, kimiawi, mutu mikrobiologis dan organoleptik. Kandungan nutrisinya yang sangat kompleks membuat susu menjadi bahan pangan yang mudah rusak. Pengolahan susu pasteurisasi masih menggunakan operator yang biasanya bekerja secara manual dalam proses pelaksanaannya. Oleh karena itu diperlukan suatu tindakan pengendalian mutu susu agar tetap terjaga mutunya sehingga dapat dikonsumsi dan diserap gizinya dengan baik.

Pengendalian secara manual ternyata kurang praktis dan kurang akurat, sedangkan pengendalian secara otomatis menggunakan pengaturan elektronika

digital biasanya mempunyai kelemahan dikarenakan pengaturan elektronika digital kurang dapat menangani sistem non linier dengan baik.

Logika Fuzzy yang ditemukan sejak pertengahan 1960-an oleh profesor Lofti Zaedah ternyata mampu menjawab ketidakmampuan teknologi digital dalam mengenali perubahan parameter yang tidak jelas. Penelitian lanjutan dari Bart Kosko dan lain-lain, teknologi Fuzzy dikembangkan untuk penerapan kontrol sehingga menyebabkan munculnya alat-alat yang lebih handal dan lebih canggih dari pada alat yang menggunakan teknologi digital konvensional.

Berdasarkan latar belakang seperti di atas maka dalam tugas akhir ini akan menerapkan teknologi Logika Fuzzy untuk membentuk suatu komponen elektronika dan merancang suatu sistem pengolahan susu sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan produktifitas serta mutu susu.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang diuraikan pada latar belakang, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem kontrol logika *fuzzy* berbasis mikrokontroler serta menerapkannya pada pengendalian level dan suhu pada alat pasteurisasi susu.
2. Bagaimana merencanakan dan membuat unit alat pasteurisasi susu dengan menggunakan AT89S52.
- 3.. Bagaimana merencanakan dan membuat perangkat keras dan perangkat lunak yang dapat mengendalikan seluruh sistem.

1.3 Batasan Masalah

Karena begitu luasnya objek kajian maka perlu dilakukan pembatasan masalah agar pembahasan lebih terfokus pada rumusan masalah. Adapun batasan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. Alat pasteurisasi susu yang dibuat berupa model atau prototipe.
2. Tidak membahas tentang perancangan catu daya.
3. Tidak membahas model matematis dari *plant*.
4. Tidak membahas secara rinci mengenai mutu susu.
5. Sistem mikrokontroler yang dirancang berdasarkan AT89S52.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah terciptanya alat pengontrol level dan suhu pada alat pasteurisasi susu dengan logika fuzzy berbasis mikrokontroler AT89S52 yang akan membantu dan mempermudah para pengusaha produsen dalam menghasilkan susu yang bermutu.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

BAB II SENSOR LEVEL, SENSOR SUHU, DRIVER MOTOR, ADC 0804, KONTROL LOGIKA FUZZY, DAN MIKROKONTROLER AT89S52.

Menjelaskan tentang sensor yang dipakai, ADC 0804, Driver Motor, Kontrol Logika Fuzzy, dan Mikrokontroler AT89S52.

BAB III METODE PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode yang digunakan dalam perancangan alat.

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Menjelaskan tentang diagram blok rangkaian, prinsip kerja rangkaian sistem alat tersebut dan realisasi alat.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Menjelaskan tentang pengujian alat.

BAB VI PENUTUP

Berisikan tentang kesimpulan dan saran.

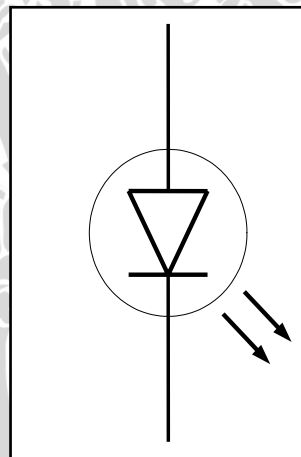
BAB II DASAR TEORI

2.1 Sensor Level

Sensor Level yang digunakan terdiri atas LED sebagai *transmitter* dan *photodiode* sebagai *receiver*. Sensor level ini digunakan untuk mendeteksi suatu garis dengan warna tertentu.

2.1.1 *Light Emitting Diode (LED) Infra Merah*

LED infra merah digunakan untuk menghasilkan sinar infra merah. Prinsip kerjanya adalah pada waktu LED infra merah dibias maju, elektron dari pita konduksi melewati *junction* dan jauh ke dalam *hole* pita valensi, sehingga elektron-elektron tersebut memancarkan energi. Pada dioda penyearah biasa, energi ini dikeluarkan sebagai energi panas. Tetapi pada LED, energi ini dipancarkan sebagai cahaya. Sedangkan pada LED infra merah memancarkan cahaya yang tidak kelihatan. Simbol dan bentuk fisik LED infra merah yang sering digunakan ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Simbol LED Infra Merah
Sumber: Motorola Semiconductor, 1989: 4-11

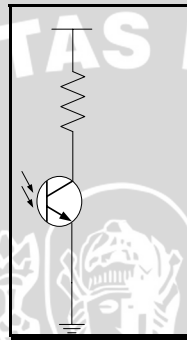
LED infra merah merupakan PN *junction* yang memancarkan radiasi infra merah yang tidak terlihat oleh mata. Apabila pada anoda diberi tegangan positif dan katoda ke ground, maka LED menjadi aktif dan arus akan mengalir dari anoda ke katoda. Pada reaksi semikonduktor suatu dioda akan terjadi perpindahan elektron dari tipe N menuju tipe P dan berpindahnya *hole* dari tipe N. Proses rekombinasi antara elektron dan *hole*, mengakibatkan pelepasan energi berupa pancaran cahaya.

Efisiensi pancaran cahaya akan berkurang, dengan berkurangnya arus *input* dan kenaikan suhu. Pada LED infra merah cahaya yang dipancarkan mempunyai panjang

gelombang yang sangat kecil, sehingga pancaran gelombang tersebut tidak tertangkap oleh mata manusia.

2.1.2 Phototransistor

Phototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya. Suatu sumber cahaya menghasilkan energi panas, begitu pula dengan spektrum infra merah. Karena spektrum infra merah mempunyai efek panas yang lebih besar dari cahaya tampak, maka phototransistor lebih peka untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah. Simbol dari phototransistor seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2. Simbol Phototransistor
Sumber: Perancangan

2.2 Sensor Suhu LM35

Salah satu sensor suhu yang mudah digunakan adalah sensor suhu tipe IC LM35. yaitu merupakan sensor temperatur tipe IC yang memiliki tegangan keluaran yang linier terhadap skala temperatur Celcius (*Centigrade*) dengan skala $10 \text{ mV} / ^\circ\text{C}$. Dengan demikian sensor ini juga linier terhadap skala temperatur Kelvin. Sensor ini dapat digunakan dengan catu daya tunggal atau dengan catu daya positif dan negatif. Dengan menyerap daya sebesar $60\mu\text{A}$ dari catu daya, LM35 menghasilkan efek *self heating* kurang dari $0,1 ^\circ\text{C}$ pada udara yang diam. Tegangan operasi yang umum digunakan adalah dari 4 hingga 20 volt. Keluarannya memiliki impedansi rendah, yaitu $0,1 \Omega$ untuk beban 1 mA. Aplikasi tipikal LM35 dapat dilihat dapat dilihat pada gambar 2.3.

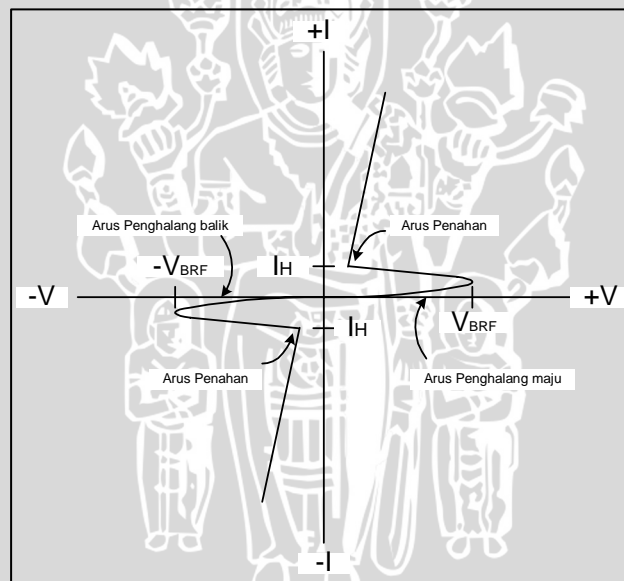
dan relay adalah tidak adanya bunga api dan mempunyai kecepatan operasi yang tinggi sehingga menghasilkan kontrol arus yang teliti.

Triac mempunyai dua karakteristik penting, yaitu:

1. Suatu triac akan tetap dalam keadaan tidak menghantar meskipun di bias maju sampai V_{BRF} (tegangan *breakover*) majunya tercapai.
2. Nilai V_{BRF} ini dapat dikontrol dengan merubah besarnya arus gerbang I_G , sehingga memberikan kemampuan pada triac untuk mengontrol arus beban yang sangat besar dengan mengatur arus gerbang yang sangat kecil.

Ketika triac di bias dengan suatu tegangan $V/-V$, arus $I/-I$ akan tetap kecil, disebut arus penghalang maju, sampai V_{BRF} tercapai. Bila ini terjadi, arusnya akan meningkat tajam dan jatuh tegangan pada triac menjadi sangat kecil. Triac akan tetap on selama arusnya berada di atas arus penahan, I_H (*holding current*).

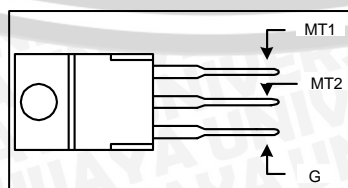
Karakteristik arus-tegangan triac dengan gerbang terbuka diperlihatkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Karakteristik arus-tegangan triac dengan gerbang terbuka
Sumber: Schultz, 1994: 210.

2.3.2. Triac BT 136

Konfigurasi terminal pada triac BT 136 ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Konfigurasi terminal triac BT 136
Sumber: Data sheet triac

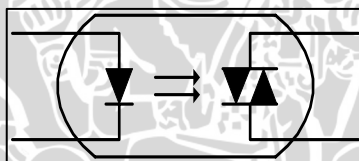
Beberapa karakteristik penting triac BT 136 adalah sebagai berikut:

- Arus keadaan on maksimum (rms) $I_{T(RMS)} = 4A$.
- Arus penahan maksimum untuk mempertahankan keadaan on $I_H = 15mA$
- Arus gerbang maksimum $I_{G(Peak)} = 2A$

2.3.3 Optotriac

Optotriac adalah alat yang berguna untuk menghubungkan suatu rangkaian ke rangkaian yang lain tanpa melakukan kontak fisik secara langsung. Optotriac disebut juga isolator karena sering digunakan untuk mengisolasi hubungan dua buah rangkaian secara aman.

Optotriac terdiri atas sebuah LED (*Light Emitting Diode*) dan sebuah pendeteksi cahaya yang tersusun dalam bentuk rangkaian terintegrasi (IC) tertutup sehingga menghalangi masuknya cahaya dari luar. Kedua bagian rangkaian tidak memiliki apapun yang dipakai bersama, jadi keduanya memiliki catu daya dan pertanahan (*ground*) sendiri. Tidak ada hubungan listrik sama sekali antara keduanya. LED dapat mempengaruhi detektor namun tidak sebaliknya. Jadi sinyal melewati Optotriac hanya dalam satu arah. Simbol Optotriac ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Simbol Optotriac
Sumber : Barry Woollard, 1999 : 97

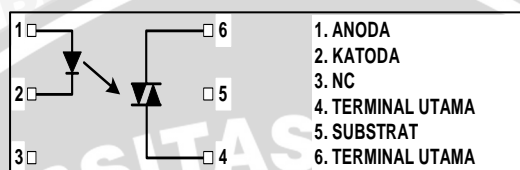
Sinyal yang melewati Optotriac tidak dapat dihalangi. Dengan kata lain optotriac ini digunakan sebagai isolator antara rangkaian masukan dan keluaran. Optotriac yang dirancang sebagai rangkaian isolator memberikan isolasi tingkat tinggi antara terminal masukan dan terminal keluaran. Keuntungan dari optotriac ini adalah sebagai berikut :

- Kecepatan operasi tinggi
- Ukuran kecil
- Tahan terhadap getaran dan benturan
- Tidak mempunyai bagian bergerak yang dapat saling melekat

2.3.4 Optotriac MOC 3021

Optotriac yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah MOC 3021. MOC 3021 adalah suatu *optoisolator* yang terdiri dari suatu LED infra merah gallium arsenide yang secara optik membangkitkan suatu detektor *phototriac*, dan secara khusus dirancang untuk mengendalikan triac yang mengontrol beban pada jala-jala 240V.

phototriac ini adalah suatu rangkaian kompleks yang berfungsi hampir sama seperti suatu triac kecil, membangkitkan sinyal yang diperlukan untuk mengendalikan gerbang dari suatu triac yang lebih besar. MOC 3021 bersama dengan triac mengizinkan suatu sinyal berdaya rendah untuk mengendalikan beban berdaya tinggi dengan sejumlah komponen dan pada saat yang sama secara praktis memberikan isolasi lengkap rangkaian pengendali dari jala-jala dimana tingkat isolasi tegangannya mencapai 7500 volt peak. Konfigurasi pin-pin MOC 3021 diperlihatkan dalam Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Konfigurasi Pin MOC 3021
Sumber: Motorola, 1989: 6-93

LED GaAs mempunyai tegangan jatuh maju 1,5V nominal pada 100mA dan suatu tegangan jatuh balik lebih besar dari 3V. Arus maksimum yang dapat dilewatkan melalui LED adalah 60mA. MOC 3021 mempunyai tegangan penghalang minimum sebesar 400V pada kedua arah dalam keadaan off. Dalam keadaan on, *phototriac* akan melewatkan 100mA pada kedua arah dengan kurang dari 3V tegangan jatuhnya. Sekali terpicu ke dalam keadaan on (menghantar), *phototriac* akan tetap demikian sampai arusnya turun di bawah arus menahan sebesar 100 μ A, pada saat mana *phototriac* akan kembali off.

2.4 Pengkondisi Sinyal Analog

Biasanya sinyal dari sensor suhu sangat lemah dan cenderung berubah-ubah. Pengkondisi sinyal analog dibutuhkan untuk menguatkan sinyal dan menyangga agar perubahan sinyal tidak mempengaruhi sistem. Pengkondisi sinyal analog dibuat dengan menggunakan *op-amp* (*operationis amplifier*) yang difungsikan sebagai penguat penyangga (*buffer*) dan penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*).

2.4.1. Penguat Penyangga (*Buffer*)

Penguat penyangga merupakan penguat yang kegunaannya untuk penguatan tanpa pembalikan fasa. Artinya sinyal output penguat sefasa dengan sinyal input penguat yang diberikan dan merupakan umpan balik negatif 180 $^{\circ}$ Seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.9 bahwa tahanan umpan baliknya tidak ada sehingga seluruh tegangan

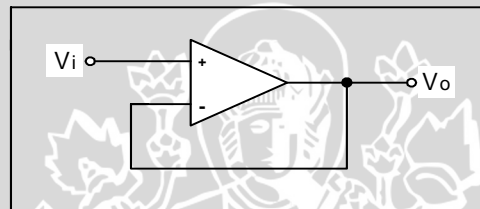
keluaran akan diumpan balikkan ke masukan. Penguatan tegangan dari penguat penyangga ini sama dengan satu, di mana:

$$A = \frac{V_o}{V_i} = 1 \quad (2-1)$$

V_i = Tegangan masukan

V_o = Tegangan keluaran

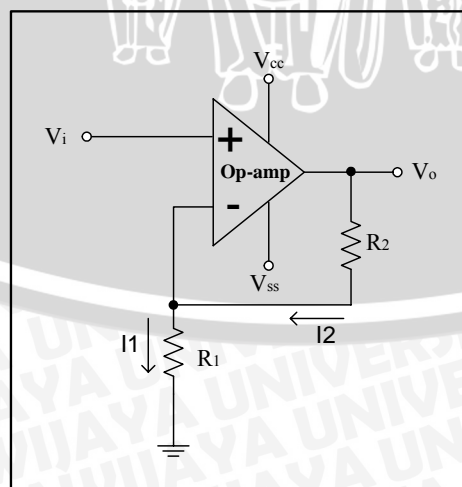
Penguat penyangga disebut juga dengan pengikut tegangan karena tegangan keluaran penguat mengikuti tegangan masukan baik besarnya maupun fasanya. Penguat penyangga ini digunakan untuk mengisolasi suatu tingkat penguat dari penguat berikutnya agar tidak terbebani. Selain itu penguat penyangga juga dipakai untuk penyesuaian impedansi yang biasanya mempunyai impedansi input yang tinggi dan impedansi output yang rendah



Gambar 2.9. Penguat penyangga
Sumber: National Semikonduktor, 1995:

2.4.2 Penguat Tak Membalik (*Non-Inverting Amplifier*)

Penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*) adalah penguat yang sinyal inputnya diberikan ke masukan *non-inverting* (terminal positif). Tegangan keluaran diumpan balikkan ke masukan *inverting*. Rangkaian dari penguat *non-inverting* ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Penguat Non-Inverting
Sumber: Malvino, 1987: 86

Besarnya penguatan untuk penguat tak membalik adalah sebagai berikut:

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}, \quad I_1 = I_2$$

$$V_0 = R_1 I_1 + R_2 I_2 \\ = I_2 (R_1 + R_2)$$

$$= \frac{V_1}{R_1} (R_1 + R_2)$$

$$V_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V_1$$

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (2-2)$$

Penguat tak membalik menghasilkan sinyal keluaran sefasa dengan masukan. Mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran rendah.

2.5 ADC 0804

IC ADC0804 dianggap dapat memenuhi kebutuhan dalam rangkaian yang akan dibuat karena IC jenis ini dapat bekerja secara cermat dengan menambahkan komponen sesuai dengan spesifikasi yang harus diberikan dan dapat mengkonversi secara cepat satu masukan tegangan. Konfigurasi pin-pin IC ADC0804 dapat dilihat pada Gambar 2.5. ADC 0804 adalah ADC 8 bit keluaran biner dalam kemasan 20 pin. ADC 0804 mempunyai dua masukan analog $V_{in} (+)$ dan $V_{in} (-)$, sehingga dapat menerima masukan diffrensial. Masukan analog sebenarnya (V_{in}) sama dengan selisih antara tegangan-tegangan yang dihubungkan dengan kedua pin masukan yaitu $V_{in} = V_{in} (+) - V_{in} (-)$. Kalau masukan analog berupa tegangan tunggal, tegangan ini harus dihubungkan dengan $V_{in} (+)$, sedangkan $V_{in} (-)$ *digroundkan*. Untuk operasi normal, ADC 0804 menggunakan $V_{cc} = +5$ V sebagai tegangan referensi. Dalam hal ini jangkauan masukan analog mulai dari 0V sampai 5V, karena ADC ini adalah ADC 8 bit, resolusinya akan sama dengan :

$$\text{Resolusi} = \frac{V_{ref}}{2^n - 1} = \frac{5}{255} = 19,6 \text{ mV} \quad (2-3)$$

(n menyatakan jumlah bit keluaran biner IC *Analog to Digital Converter*)

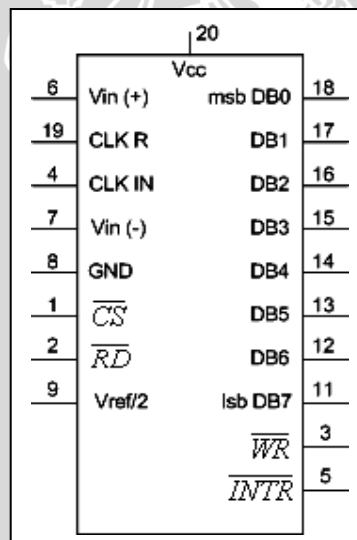
IC ADC0804 memiliki generator clock internal yang harus diaktifkan dengan menghubungkan sebuah resistor eksternal (R) antara pin CLK OUT dan CLK IN serta

sebuah kapasitor eksternal (C) antara CLK IN dan *ground* digital. Frekuensi clock yang diperoleh pada pin CLK OUT sama dengan :

$$f = \frac{1}{1.1RC} \quad (2-4)$$

ADC 0804 memiliki 8 bit keluaran digital sehingga dapat langsung dihubungkan dengan saluran data mikrokomputer. Masukan \overline{CS} (chip select, aktif rendah) digunakan untuk mengaktifkan ADC0804. Jika \overline{CS} berlogika tinggi, ADC0804 tidak aktif (*disable*) dan semua keluaran berada dalam keadaan impedansi tinggi.

Masukan \overline{WR} (write atau *start of conversion*) digunakan untuk memulai proses konversi. Untuk itu \overline{WR} harus diberi pulsa logika 0. Sedangkan keluaran \overline{INTR} (*interrupt atau end of conversion*) menyatakan akhir konversi. Pada saat dimulai konversi, \overline{INTR} akan berubah logika 1. Di akhir konversi \overline{INTR} akan kembali ke logika 0.

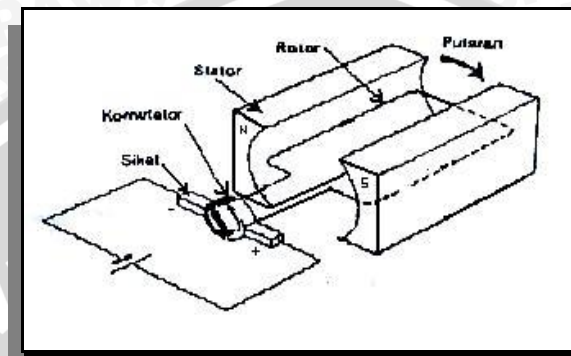


Gambar 2.11. Konfigurasi pin-pin ADC0804
Sumber: National Semiconductor, 1995: 2-19

2.6 Motor DC

Motor DC hampir sama konstruksinya dengan motor AC, perbedaannya terletak pada sikat dan cincin belah (komutator). Saat siklus pertama, arus mengalir dari kutub positif ke negatif. Aliran arus yang melewati bagian kabel yang berada didekat kutub N magnet akan menimbulkan gaya Lorentz ke bawah. Sementara itu aliran arus yang melewati kabel yang berada di dekat kutub S magnet akan menyebabkan gaya Lorentz

ke atas. Kedua perpaduan gaya Lorentz tersebut akan menyebabkan kawat berputar. Pada siklus berikutnya terjadi hal yang serupa seperti pada siklus sebelumnya. Apabila arus terus-menerus dialirkan, maka kawat akan berputar secara terus menerus pula. Pada aplikasi sesungguhnya, kawat adalah sebuah rotor yang akan dikopel dengan sebuah as dan akan memutar as tersebut terus menerus seiring perputaran motor. Motor DC ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12. Motor DC
Sumber: Kismet F [1994:98]

2.7 Kontrol Logika Fuzzy (KLF)

Pada tahun 1965, Logika Fuzzy diperkenalkan oleh Prof. Lotfi. A.Zadeh yang menjadi guru besar di University Of California. Beliau mengemukakan suatu himpunan yang disebut himpunan *fuzzy* (*fuzzy set*) untuk menerangkan suatu logika bertingkat. Logika ini kemudian dikenal dengan logika *fuzzy*. Zadeh memilih kata “*fuzz*” untuk merepresentasikan suatu nilai logika kontinyu antara 0 (pasti salah) dan 1 (pasti benar). [Jamshidi, 1993: 12].

Logika fuzzy merupakan suatu logika yang lebih dekat dengan cara berpikir manusia dibandingkan dengan logika klasik (*crisp*). Kalau pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1. Pada himpunan fuzzy nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1.

Logika fuzzy bekerja dengan mengubah variabel kontrol *crisp* (panas atau dingin, cepat atau lambat) ke dalam tingkatan yang lebih halus (hangat atau sejuk, cukup cepat atau agak lambat) dengan derajat keanggotaan yang bervariasi. Berbeda dengan teori logika digital, dalam logika fuzzy suatu kejadian tidak harus mutlak benar atau salah.

Sebuah sistem berbasis logika *fuzzy* dapat mengurangi ketidakakuratan yang terjadi pada sistem klasik. Himpunan klasik (*crisp set*) memiliki persyaratan keanggotaan yang membatasi nilai anggota-anggota himpunannya hanya pada satu atau

nol saja. Batasan dari logika ini terdefinisi dengan tajam pada angka nol dan satu, sehingga tingkat keakuratannya menjadi rendah. Sedangkan pada himpunan *fuzzy*, sebuah himpunan unsur-unsur atau anggota himpunan dapat menjadi anggota himpunan dengan tingkat keanggotaan antara nol sampai satu. Ada transisi yang bertahap dari unsur yang menjadi anggota atau bukan anggota himpunan dalam sebuah himpunan *fuzzy*.

Himpunan Fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu:

- Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
- Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti: 30, 27, 60, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem fuzzy, yaitu:

- Variabel fuzzy

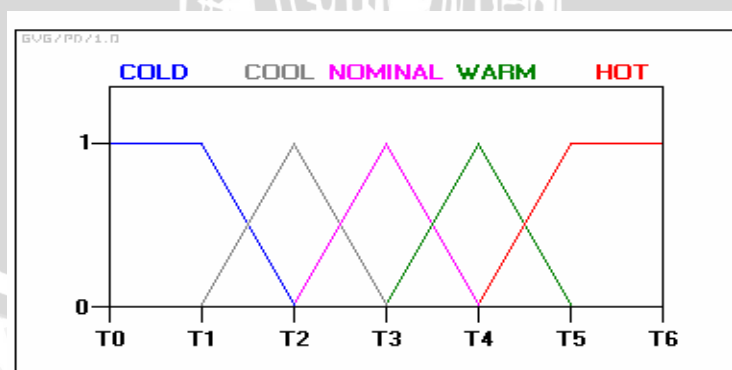
Variable fuzzy merupakan variable yang hendak dibahas dalam suatu sistem fuzzy. Contoh: temperatur, kelembaban, umur, dsb.

- Himpunan fuzzy

Himpunan fuzzy merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel fuzzy.

Contoh:

Variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy, yaitu: DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS. (Gambar 3.5).



Gambar 2.13. Himpunan Fuzzy pada variabel temperatur

Sumber : Shahriz bin Abdul Aziz, 1996

- Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variable fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan

himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh:

Semesta pembicaraan untuk variabel temperature: [0 15 20 25 30 35]

d. Domain

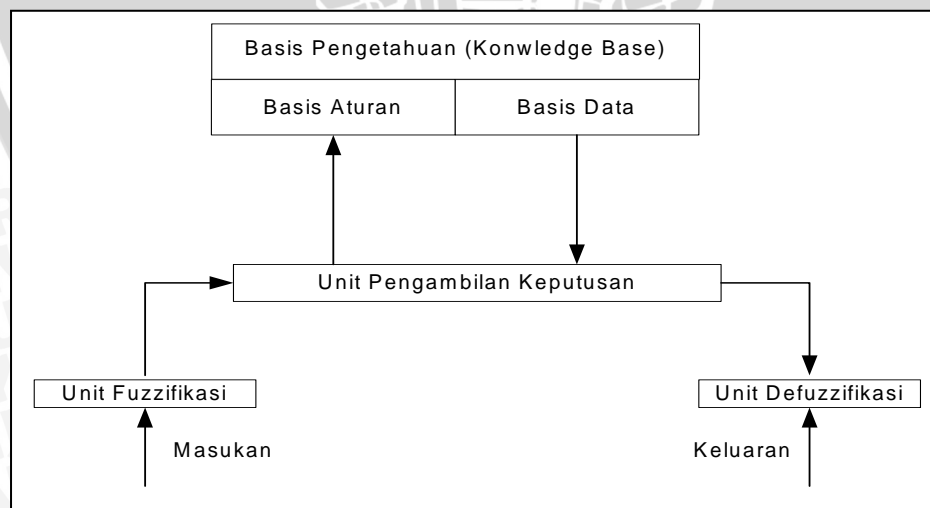
Domain himpunan fuzzy adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negative.

Contoh domain himpunan fuzzy:

- Dingin = [0 20]
- Sejuk = [15 25]
- Normal = [20 30]
- Hangat = [25 35]
- Panas = [30 40]

Himpunan *fuzzy* didefinisikan dalam semesta himpunan X , himpunan *fuzzy* ditentukan oleh fungsi keanggotaan yang memetakan anggota X ke daerah keanggotaan yang selalu berada dalam interval $[0,1]$. [Jun Yan, 1994: 15].

Diagram blok sistem logika fuzzy digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.14. Struktur kontroler logika *fuzzy* dasar
Sumber: Jun Yan, dkk., 1994 : 47

Elemen utama kontroler logika *fuzzy* terdiri dari unit fuzzifikasi, unit mekanisme pengambil keputusan, unit defuzzifikasi, dan unit basis pengetahuan. Basis pengetahuan terbagi dua yaitu basis data untuk menentukan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dan basis aturan untuk memetakan nilai *fuzzy* dari masukan ke nilai keluaran

Kontrol logika *fuzzy* adalah sistem berbasis aturan (*rule based system*) yang didalamnya terdapat himpunan aturan *fuzzy* yang mempresentasikan mekanisme pengambilan keputusan. Aturan yang dibuat digunakan untuk memetakan variabel *input* ke variabel *output* dengan pernyataan *If-Then*.

Pengontrol ini akan menggunakan data tertentu (*crisp*) dari sejumlah sensor kemudian mengubahnya menjadi bentuk linguistik atau fungsi keanggotaan melalui proses fuzzifikasi. Lalu dengan aturan *fuzzy*, *inference engine* yang akan menentukan hasil keluaran *fuzzy*. Setelah itu hasil ini akan diubah kembali menjadi bentuk numerik, proses ini disebut defuzzifikasi.

Logika fuzzy bekerja dengan mengubah variable control *crisp* (pelan, cepat, dingin, panas) ke dalam tingkatan yang lebih halus (agak pelan, cukup cepat, sejuk, hangat) dengan derajat keanggotaan yang bervariasi. hanya merupakan penataan komponen *software* yang unik yang memungkinkan pengetahuan seorang pakar bisa digunakan orang lain dalam memecahkan masalah dan membuat keputusan dalam domain pengetahuan tertentu.

2.7.1. Unit Fuzzifikasi

Seperti yang terlihat dalam Gambar 3.6. di atas, salah satu komponen kunci logika fuzzy adalah unit fuzzifikasi. Fuzzifikasi merupakan proses perubahan dari variable nonfuzzy (*crisp*, contohnya: 25, 40, 50). menjadi variable fuzzy (contohnya: muda, parobaya, tua).

Fuzzifikasi merupakan proses pemetaan dari himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*. Fuzzifikasi berfungsi untuk mengubah hasil pengukuran ke dalam pernyataan linguistik. Operasi fuzzifikasi melibatkan transformasi sebuah himpunan *non fuzzy* ke dalam himpunan *fuzzy*. Proses fuzzifikasi dilakukan dengan menentukan fungsi keanggotaan.

Proses fuzzifikasi diekspresikan sebagai berikut :

$$x = \text{fuzzifier}(x_0) \quad (2-5)$$

dengan : x_0 = vektor nilai *crisp* variabel masukan

x = vektor himpunan *fuzzy* variabel yang terdefinisi

fuzzifier = operator fuzzifikasi yang memetakan himpunan *crisp* ke himpunan *fuzzy*

Pedoman memilih fungsi keanggotaan untuk proses fuzzifikasi, menurut Jun Yan, menggunakan:

1. Himpunan *fuzzy* dengan distribusi simetris.
2. Gunakan himpunan *fuzzy* dengan jumlah ganjil, pemilihan sebaiknya 5 atau 7.
3. Mengatur himpunan *fuzzy* agar saling menumpuk.
4. Menggunakan fungsi keanggotaan bentuk segitiga atau trapesioda.

2.7.2. Basis Pengetahuan (Knowledge Base)

Bagian terpenting logika fuzzy lainnya adalah Basis pengetahuan yang mengandung dua jenis informasi utama, yaitu: basis aturan dan basis data.

Pengetahuan (*knowledge*) adalah suatu pengertian tentang beberapa wilayah subyek yang diperoleh melalui pendidikan dan pengalaman. Meskipun fuzzy tidak mungkin mendapat pengalaman atau belajar dan meneliti seperti manusia, tapi ia dapat memperoleh pengetahuan yang dibutuhkannya itu melalui upaya yang diberikan oleh seorang pakar manusia.

Pengetahuan dapat terdiri dari fakta, pemikiran, teori, prosedur dan hubungannya satu sama lain. Pengetahuan juga merupakan informasi terorganisasi dan teranalisa agar bisa lebih mudah dimengerti dan bisa diterapkan pada pemecahan masalah dan pengambilan keputusan.

Hampir semua pangkalan pengetahuan (*knowledge base*) sangat terbatas dalam arti terfokuskan kepada suatu masalah khusus. Pada saat pangkalan pengetahuan itu sudah terbentuk, maka fuzzy bisa digunakan untuk memberi kemampuan baru kepada komputer atau alat agar bisa berfikir, menalar dan membuat inferensi (mengambil keputusan berdasarkan pengalaman) dan membuat pertimbangan-pertimbangan yang didasarkan kepada fakta dan hubungan-hubungannya yang terkandung dalam pangkalan pengetahuan itu.

Dengan pangkalan pengetahuan dan kemampuan untuk menarik kesimpulan melalui pengalaman, komputer dapat disejajarkan sebagai alat bantu yang bisa digunakan secara praktis dalam memecahkan masalah dan pengambilan keputusan. Dengan teknik pelacakan pangkalan pengetahuan untuk mencari fakta dan hubungannya yang relevan, komputer bisa mencapai satu atau lebih solusi alternatif pada masalah yang diberikan pangkalan pengetahuan komputer dan kemampuan inferensi telah meningkatkan daya guna komputer bagi manusia.

2.7.2.1 Basis Aturan

Basis aturan terdiri atas aturan-aturan kontrol fuzzy yang menyatakan hubungan dalam pengontrolan. Aturan – aturan kontrol fuzzy disusun berdasarkan pada tujuan dan ketentuan pengontrolan yang diberikan oleh orang yang ahli pada bidangnya untuk mencapai sasaran pengontrolan.

Bentuk umum dari aturan logika *fuzzy* ini sebagai berikut,

$$\text{If (kondisi), Then (aksi)} \quad (2-6)$$

Kaidah atur yang digunakan dalam logika *fuzzy* berupa kaidah atur “*If-Then*”. Aturan “*If*” menunjukkan situasi sedangkan aturan “*Then*” menunjukkan aksi. Aturan “*If*” disebut antiseden (*antecedent*) sedangkan “*Then*” disebut konsekuen (*consequent*). Antiseden ini menunjukkan daerah masukan yang dikarakteristikan dalam semesta himpunan variabel masukan. Konsekuen mendefinisikan aksi kontrol yang diinginkan. [Smith dan Corner, 1991: 19].

2.7.2.2 Basis Data

Basis data mendefinisikan fungsi keanggotaan himpunan-himpunan fuzzy variable masukan dan keluaran pengendali logika fuzzy. Basis data juga menyediakan definisi yang perlu dari parameter-parameter fuzzy sebagai himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang didefinisikan pada himpunan semesta untuk masing-masing variable. Penyusunan basis data melibatkan pendefinisian himpunan semesta untuk masing-masing variable, penentuan jumlah fuzzy serta perancangan fungsi keanggotaannya.

2.7.3. Unit Pengambilan Keputusan (Inference)

Proses untuk menghasilkan aksi keluaran (aksi kontrol fuzzy) dari suatu kondisi masukan (terfuzzifikasi) dengan mengikuti aturan-aturan (*rule*) yang telah ditetapkan merupakan definisi dari inference.

Keputusan yang dihasilkan dari proses ini masih dalam bentuk fuzzy, yaitu berupa derajat keanggotaan keluaran. Diantara bermacam-macam metode pengambilan keputusan yang ada yang paling umum digunakan di industri adalah metode pengambilan keputusan MAX-MIN yang akan diperlihatkan sebagai berikut :

Diasumsikan suatu basis aturan kontrol fuzzy dengan hanya dua aturan :

$$\text{Aturan 1} \quad \text{IF } x = A_1 \text{ AND } y = B_1 \text{ THEN } z = C_1$$

$$\text{Aturan 2} \quad \text{IF } x = A_2 \text{ AND } y = B_2 \text{ THEN } z = C_2$$

Dari aturan-aturan tersebut diperoleh nilai derajat kebenaran (*fire strength*). Saat antiseden dihubungkan melalui operator "AND", derajat kebenaran mengasumsikan nilai derajat kebenaran terkecil dari antiseden. Nilai minimum ini yang akan menjadi nilai kebenaran bagi aturan tersebut.

Misalkan derajat kebenaran dari aturan ke-*i* ditunjukkan oleh α_i untuk masukan x_0 dan y_0 , derajat kebenaran α_1 dan α_2 dari basis aturan dapat ditunjukkan oleh :

$$\alpha_1 = \mu_{A1}(x_0) \wedge \mu_{B1}(y_0) \quad (2-7)$$

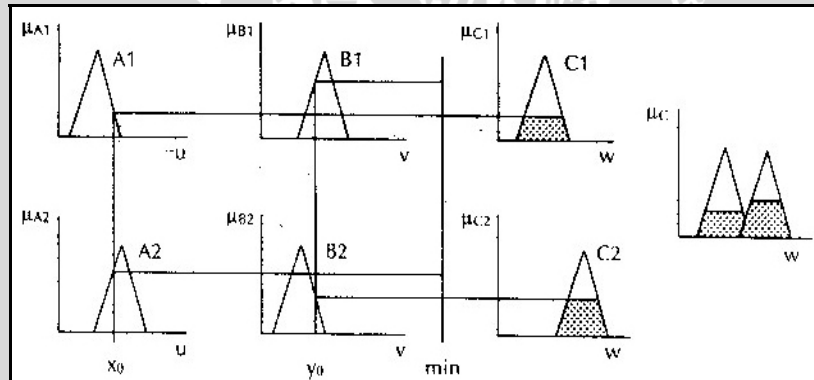
$$\alpha_2 = \mu_{A2}(x_0) \wedge \mu_{B2}(y_0) \quad (2-8)$$

Kontribusi kontrol untuk masing-masing aturan kontrol dihitung berdasarkan pada derajat kebenaran α dan bagian konsekuen dari aturan tersebut.

Dalam pengambilan keputusan fuzzy MAX-MIN, keputusan kontrol yang ditimbulkan oleh aturan ke-*i* dapat diekspresikan oleh $\alpha_i \wedge \mu_{Ci}(w)$. Sehingga keanggotaan dari konsekuen tersimpul C diberikan oleh :

$$\mu_C(w) = (\alpha_1 \wedge \mu_{C1}(w)) \vee (\alpha_2 \wedge \mu_{C2}(w)) \quad (2-9)$$

Proses pengambilan keputusan MAX-MIN untuk nilai masukan *crisp* x_0 dan y_0 yang telah dianggap sebagai fuzzy singleton diperlihatkan dalam Gambar 3.7 sebagai berikut:



Gambar 2.15. Metode penalaran fuzzy MAX-MIN
Sumber: Jun Yan, dkk., 1994 : 55

Secara ringkas pengambil keputusan fuzzy merupakan inti dari susunan Kontrol Logika Fuzzy (KLF) yang mempunyai kemampuan untuk mensimulasikan pembuatan keputusan manusia yang didasarkan pada konsep fuzzy dan menyimpulkan aksi kontrol fuzzy menggunakan aturan-aturan pengambilan keputusan dalam logika fuzzy.

2.7.4 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi adalah proses pemetaan dari suatu aksi kontrol fuzzy tersimpul ke suatu aksi kontrol non fuzzy (*crisp*). Strategi defuzzifikasi bertujuan untuk

menghasilkan aksi kontrol non fuzzy yang paling baik mewakili distribusi kemungkinan dari aksi kontrol fuzzy tersimpul (Yan;1999:55). Ini dapat dinyatakan oleh :

$$Y_o = \text{defuzzifier}(y) \quad (2-10)$$

dimana y adalah aksi kontrol fuzzy, y_o adalah aksi kontrol *crisp*, dan defuzzifier adalah operator defuzzifikasi.

Dalam implementasi real time, strategi defuzzifikasi yang paling umum digunakan adalah metode *center of area* (COA), dimana strategi COA diperoleh dengan mendapatkan gravitasi dari distribusi kemungkinan aksi kontrol. Metode ini secara luas digunakan dalam implementasi kontrol logika fuzzy saat ini. Untuk sederhananya, umpamakan suatu sistem fuzzy MISO (Multi Input Single Output). Misalkan jumlah aturan ditunjukkan oleh n , momen (sekeliling sumbu nol sepanjang himpunan semesta keluaran) fungsi keanggotaan dari himpunan fuzzy yang didefinisikan untuk keluaran aturan ke- i ditunjukkan oleh M_i , dan luasnya ditunjukkan oleh A_i , serta derajat kebenaran dari aturan ke- i ditunjukkan oleh α_i . Maka nilai kontrol crisp W yang didefuzzifikasi menggunakan metode COA diberikan oleh :

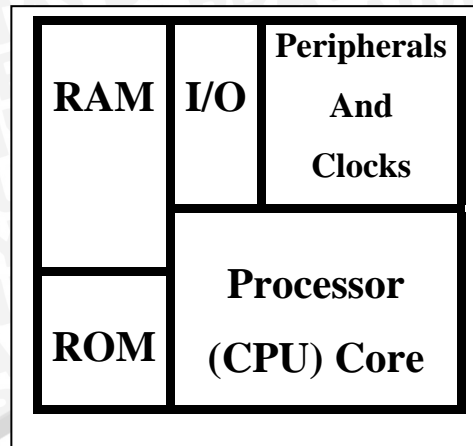
$$W = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i M_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i A_i} \quad (2-11)$$

Secara ringkas antar muka defuzzifikasi meliputi :

1. Pemetaan nilai variabel keluaran kedalam himpunan semesta yang sesuai.
2. Menghasilkan suatu aksi kontrol nonfuzzy dari suatu aksi kontrol fuzzy yang tersimpulkan.

2.8 Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler merupakan komponen utama, karena komponen inilah yang akan mengontrol keseluruhan sistem agar dapat bekerja dengan baik dan optimal. Mikrokontroler terdiri atas tiga blok utama yaitu blok prosessor (CPU), memori, dan unit I/O. Selain tiga blok utama tersebut terdapat blok perangkat (*peripheral*) lainnya. Ketersediaan *peripheral-peripheral* ini di dalam MK, dapat mengurangi adanya perangkat eksternal sehingga memperkecil ukuran alat elektronik secara keseluruhan. Adapun arsitektur mikrokontroler secara keseluruhan dapat dilihat dalam Gambar 2.16.

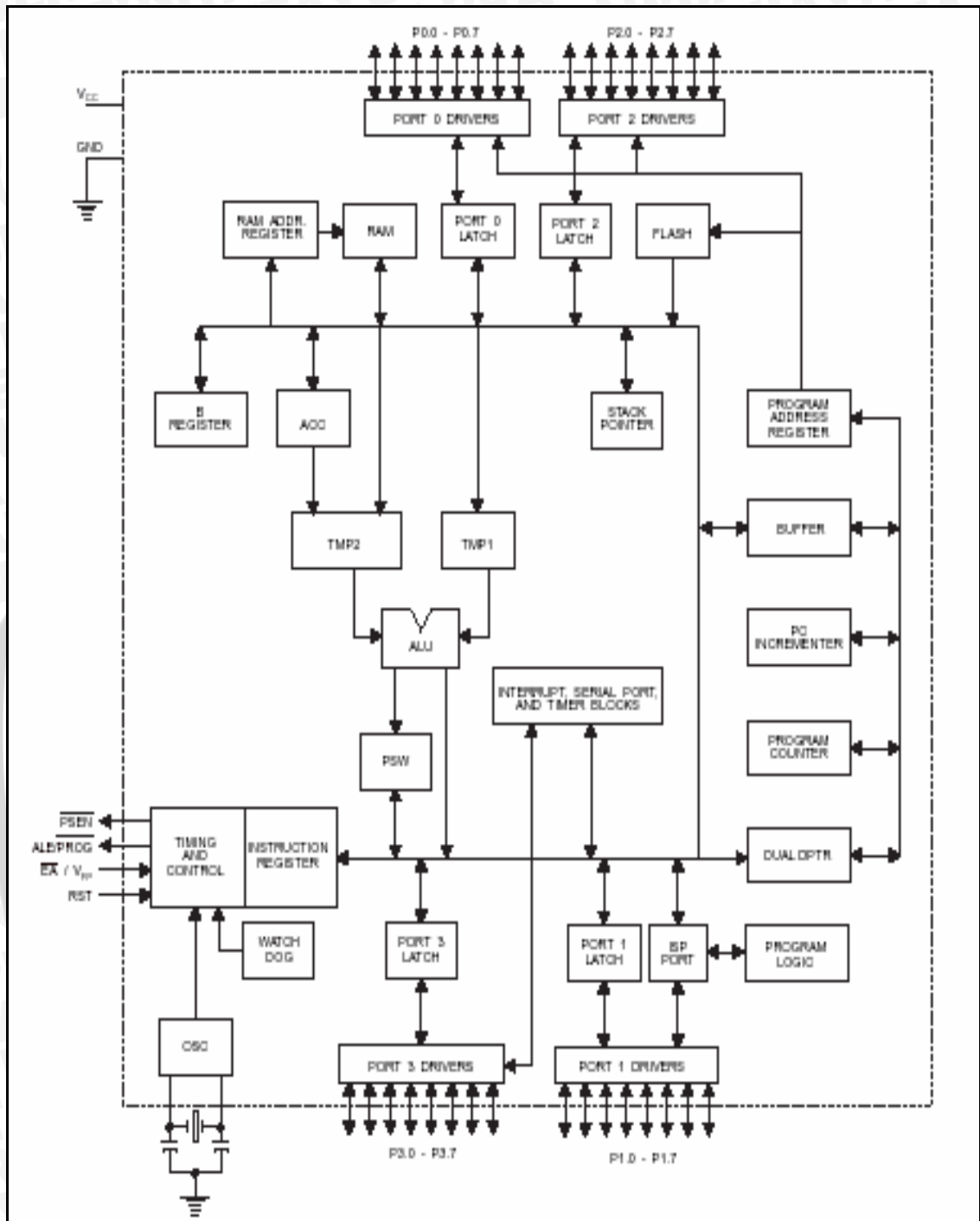


Gambar 2.16. Arsitektur Mikrokontroler
Sumber: <http://www.atmel.com/89S52.pdf>

Secara umum arsitektur yang dimiliki oleh mikrokontroler AT89S52 adalah sebagai berikut:

- 8 bit CPU dengan *register A (accumulator)* dan *match register (register B)*.
- 16 bit *Program Counter (PC)* dan *Data Pointer (DPTR) register*.
- 8 bit *Program Status Word (PSW) register*, 8 bit *Stack Pointer*.
- Internal ROM dan EPROM dengan kapasitas 8 kbyte.
- Internal RAM dengan kapasitas 128 byte yang digunakan untuk 4 buah *register bank*, yang masing-masing terdiri dari 8 *register*, 16 *byte*, yang mana dapat dieksekusi pada masing-masing bit secara *independent (Bit Addesable)* dan sebagai memori *variable* 8 bit.
- 32 input/output yang disusun pada 4 *port (port 0 – port 3)*.
- 2 buah 16 bit *timer/counter*: T0 dan T1.
- *Full Duplex Serial Data Communication*: SBUF.
- *Control Register* :TCON, TMOD, PCON, IP dan IE.
- 2 eksternal interrupt dan 3 internal *interrupt*.
- Oscilator dan *Clock Circuit*.

Blok diagram dari mikrokontroller AT89S52 ditunjukkan dalam Gambar 2.17.



Gambar 2.17. Blok Diagram AT89S52
 Sumber: ATMEL, AT89S52, Datasheet, 2005

2.8.1. Konfigurasi Pin

Masing-masing kaki atau pin dalam mikrokontroler AT89S52 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi dari masing-masing pin tersebut, akan lebih mudah dalam merencanakan dan membuat aplikasi sistem dengan mikrokontroler ini. Susunan pin dari mikrokontroler AT89S52 ditunjukkan dalam Gambar 2.18.

(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2 EX) P1.1	2	39	P0.0 (AD0)
P1.2	3	38	P0.1 (AD1)
P1.3	4	37	P0.2 (AD2)
P1.4	5	36	P0.3 (AD3)
(MOSI) P1.5	6	35	P0.4 (AD4)
(MISO) P1.6	7	34	P0.5 (AD5)
(SCK) P1.7	8	33	P0.6 (AD6)
RST	9	32	P0.7 (AD7)
(RXD) P3.0	10	31	EA/VPP
(TXD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(INT0) P3.2	12	29	PSEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A15)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A14)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A13)
(WR) P3.6	16	25	P2.4 (A12)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A11)
XTAL2	18	23	P2.2 (A10)
XTAL1	19	22	P2.1 (A9)
GND	20	21	P2.0 (A8)

Gambar 2.18. Konfigurasi Pin dari AT89S52
Sumber: ATMEL, AT89S52, Datasheet, 2005

Adapun fungsi dari masing-masing pin dari AT89S52 adalah:

Port 1 (Pin 1-8)

Port 1 merupakan sebuah *port I/O bidirectional* yang mempunyai *internal pull-up*.

RST (Pin 9)

Pin ini dihubungkan dengan rangkaian *power on reset*, dan digunakan untuk mereset mikrokontroler AT89S52.

Port 3 (Pin 10-17)

Port paralel 8 bit dua arah yang memiliki fungsi pengganti. Apabila fungsi pengganti tidak digunakan, maka pin ini dapat digunakan sebagai *port I/O* biasa. Fungsi pengganti ini dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

XTAL1 (Pin 18)

Merupakan masukan ke inverting amplifier osilator dan masukan pada operasi internal clock.

XTAL2 (Pin 19)

Merupakan keluaran dari inverting amplifier osilator.

Ground (Pin 20)

Merupakan pin yang dihubungkan dengan *ground* rangkaian.

Port 2 (Pin 21-28)

Merupakan *port I/O* paralel 8 bit *bidirectional*, dapat digunakan sebagai *port I/O* biasa atau untuk mengirim *byte* alamat bila digunakan untuk mengakses memori eksternal.

❑ *PSEN/Program Store Enable* (Pin 29)

Program Store Enable adalah merupakan *strobe* keluaran yang dipergunakan untuk membaca program memori eksternal.

❑ *ALE/PROG* (Pin 30)

Pin *ALE* (aktif tinggi) digunakan untuk menahan alamat memori eksternal selama pelaksanaan instruksi. Sementara untuk *PROG* (aktif rendah) digunakan sebagai masukan pulsa program selama proses pemrograman EPROM berlangsung.

❑ *EA/VPP* (Pin 31)

Jika diberi logika tinggi, maka mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari ROM/EPROM. Bila diberikan logika rendah, mikrokontroler akan melaksanakan instruksi dari memori program luar.

❑ *Port 0* (Pin 32-39)

Merupakan *port I/O* 8 bit *bidirectional* yang tidak mempunyai *internal pull-up*. *Port* ini dapat digunakan sebagai *port I/O* biasa dan dapat juga digunakan untuk memultiplek alamat dengan data ketika mengakses memori eksternal.

❑ *V_{CC}* (Pin 40)

Merupakan pin yang dihubungkan dengan sumber tegangan.

2.8.2. Struktur dan Operasi *Port*

Mikrokontroler AT89S52 memiliki 3 buah *port*. Setiap *port* memiliki 8 buah jalur *I/O* yang bersifat *bidirectional*. Beberapa karakteristik *port* mikrokontroler AT89S52 dijelaskan secara singkat berikut ini:

❑ *Port 0* dapat digunakan sebagai *port I/O* biasa, pada fungsi sebagai *input* maka dapat dilakukan dengan memberikan logika 1 pada *port* tersebut. Pada *port* ini berlaku ketentuan yang berbeda dengan *port* lainnya, yaitu bila digunakan sebagai keluaran harus diberikan tambahan resistor *pull-up*.

❑ *Port 1* merupakan *port I/O* biasa. *Port* ini mempunyai *internal pull-up* dan berfungsi sebagai *output* dengan memberikan logika 1. Sebagai *output port* ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL. *Port 1* memiliki kemampuan untuk menyangga beban sampai dengan 20 mA dan dapat mengemudikan *LED* secara langsung.

❑ *Port 2* merupakan *port I/O* biasa. *Port* ini mempunyai *internal pull-up* dan berfungsi sebagai *output* dengan memberikan logika 1. Sebagai *output port* ini dapat memberikan *output sink* ke empat buah *input* TTL.

- *Port 3*, sebagai *I/O* biasa *port 3* mempunyai sifat yang sama dengan *port 1* maupun *port 2*. Sedangkan sebagai fungsi khusus *port-port* ini mempunyai penjelasan seperti yang terlihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Fungsi Khusus *Port 3*

Jalur	Fungsi Alternatif
P3.0	<i>Input data serial RXD</i>
P3.1	<i>Output data serial TXD</i>
P3.2	<i>Input Interupsi Eksternal INT0</i>
P3.3	<i>Input Interupsi Eksternal INT1</i>
P3.4	<i>Input Counter T0</i>
P3.5	<i>Input Counter T1</i>
P3.6	<i>External Data Memory Write Strobe</i>
P3.7	<i>External Data Memory Read Strobe</i>

Sumber: ATMEL, AT89S52, Datasheet, 2005

2.8.3. Register Fungsi Khusus

Register fungsi khusus (*Special Function Register*) terletak pada 128 *byte* bagian atas memori data internal. Wilayah SFR ini terletak pada alamat 80_H sampai FF_H. *Register-register* ini hanya dapat diakses dengan pengalamatan langsung, baik per bit maupun per *byte*.

SFR berisi *register-register* dengan fungsi tertentu. Masing-masing *register* seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2 yang meliputi simbol, nama, dan alamatnya serta keadaannya dalam nilai biner pada saat terjadi *power-on reset*. Beberapa kegunaan *register* fungsi khusus yang penting dijelaskan sebagai berikut:

- *Accumulator (ACC)*; merupakan *register* untuk penambahan dan pengurangan. Akumulator juga disebut sebagai *register A*.
- *Register B*; merupakan *register* yang berfungsi untuk melayani operasi perkalian dan pembagian.
- PSW; terdiri dari beberapa bit status yang menggambarkan kejadian di akumulator sebelumnya, yang pengkondisian keadaan akumulator tersebut melalui *flag register*

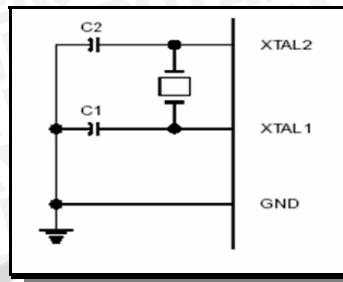
yang terdiri dari *carry flag*, *auxiliary carry flag*, *parity flag*, *overflow flag*, dua bit pemilih *bank*, dan dua *flag* yang dapat didefinisikan sendiri oleh pemakai.

- ❑ *Control Register*; terdiri atas *register* yang mempunyai fungsi kontrol. Terdapat dua *register* khusus untuk mengontrol sistem interupsi, yaitu *register* IP (*Interrupt Priority*) dan *register* IE (*Interrupt Enable*). Untuk mengontrol pelayanan *timer/counter* terdapat *register* khusus, yaitu *register* TMOD (*Timer/counter Mode Control*) dan *register* TCON (*Timer/counter Control*).
- ❑ *Stack Pointer (SP)*; merupakan *register* 8 bit yang diletakkan di alamat manapun pada RAM internal. Isi *register* ini ditambah sebelum data disimpan, selama instruksi *PUSH* dan *CALL*. Pada saat reset, *register* SP diinisialisasi pada alamat 07_H, sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08_H.
- ❑ *Data Pointer (DPTR)*; terdiri dari dua *register*, yaitu untuk byte tinggi (*Data Pointer High*) dan untuk byte rendah (*Data Pointer Low*). Fungsinya untuk menahan alamat 16-bit. DPTR dapat dimanipulasi sebagai *register* 16-bit atau sebagai dua buah *register* 8-bit.
- ❑ *Port 0* sampai *Port 3* merupakan *register* yang berfungsi untuk membaca dan mengeluarkan data pada *port* 0, 1, 2, dan 3. Masing-masing *register* ini dapat dialamati per-bit maupun per-byte.
- ❑ *Serial Data Buffer* seharusnya merupakan dua buah *register* yang terdiri dari *transmitt buffer register* dan *receive buffer register*. Pada saat data dipindahkan ke SBUF, *register* tersebut akan menjadi *transmit buffer register* sedangkan pada saat data dipindahkan dari SBUF maka *register* tersebut akan berubah menjadi *receive buffer register*.
- ❑ *Timer Register*; terdiri dari pasangan *register* TH0, TL0 dan TH1, TL1 merupakan *register* 16 bit yang berfungsi sebagai *register counter* untuk *timer/counter* 0 dan *timer/counter* 1.

2.8.4. Osilator

Mikrokontroler AT89S52 memiliki osilator internal (*on chip oscillator*) yang dapat digunakan sebagai sumber pewaktuan (*clock*) bagi CPU. Jika menggunakan osilator internal maka diperlukan sebuah kristal atau resonator keramik antara pin XTAL₁ dan pin XTAL₂ serta 2 buah kapasitor. Untuk kristalnya dapat digunakan

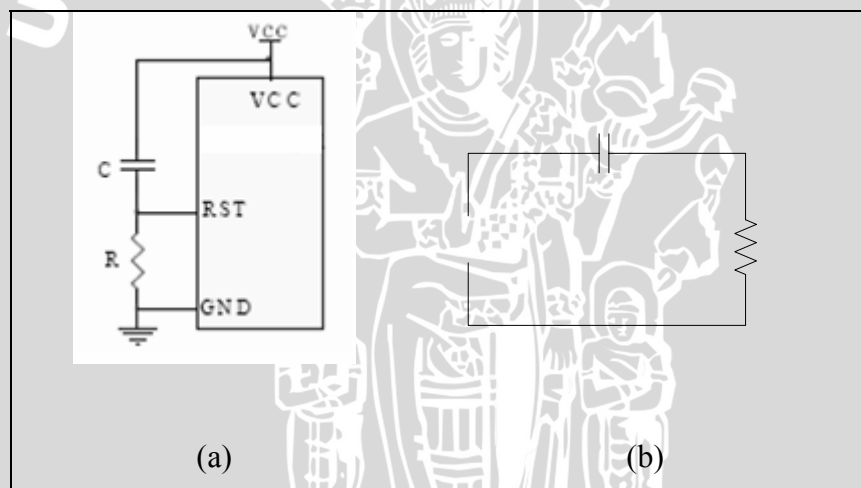
dengan frekuensi antara 6 sampai 12 MHz, sedangkan kapasitor dapat bernilai dari 27 pF hingga 33 pF. Gambar 2.19 menunjukkan rangkaian osilator yang digunakan.



Gambar 2.19. Rangkaian Osilator
Sumber: ATMEL, AT89S52, Datasheet, 2005

2.8.5. Reset

Rangkaian *power on reset* diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap catu daya *on*. Gambar 2.20 menunjukkan rangkaian *power on reset*. Ketika catu daya diaktifkan, rangkaian *reset* menahan logika tinggi pin RST dengan jangka waktu yang ditentukan oleh besarnya pengisian muatan C.



Gambar 2.20. (a) Rangkaian *power on reset* (b) Rangkaian ekivalen *power on reset*
Sumber: Perancangan

BAB III

METODE PENELITIAN

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif yang diwujudkan dalam bentuk prototipe, yaitu perencanaan dan perealisasiian alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Data dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam perencanaan merupakan data sekunder yang diambil dari buku data komponen elektronika. Pemilihan komponen berdasarkan perencanaan dan disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang akan dibuat secara umum adalah sebagai berikut:

- Studi Literatur
- Penentuan spesifikasi alat
- Perealisasiian alat
- Pengujian alat
- Analisa data dan pengambilan kesimpulan

3.1 Studi Literatur

Literatur yang dibutuhkan adalah dasar teori yang berhubungan, yaitu sebagai berikut :

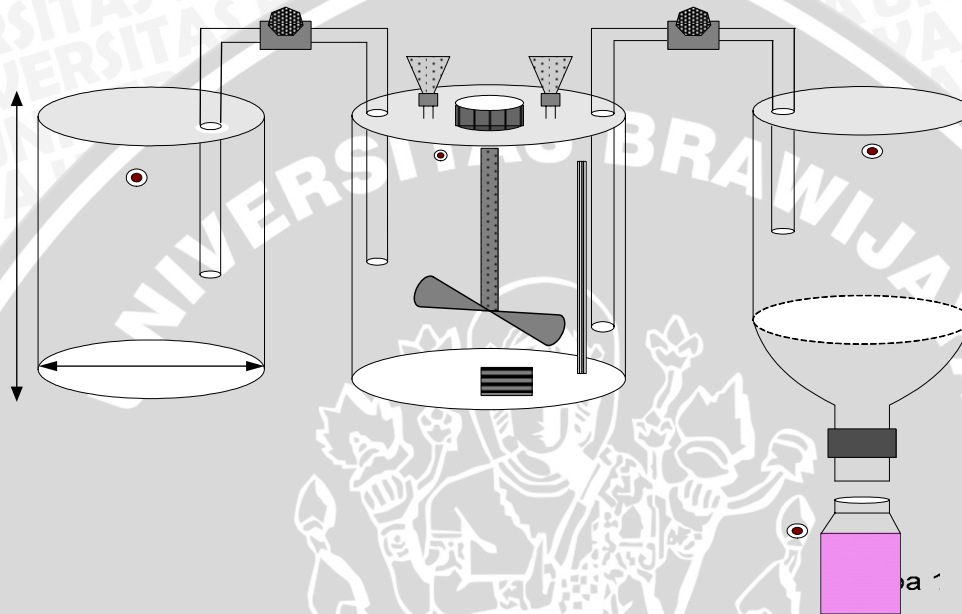
- a. Sensor level .
- b. Sensor suhu LM35.
- c. Driver motor.
- d. ADC 0804
- e. Kontrol logika fuzzy.
- f. Sistem mikrokontroler AT89S52.

3.2 Penentuan Spesifikasi Alat

Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasiian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasiikan sebagai berikut:

1. Prototipe pengontrol level dan suhu pada alat pasteurisasi susu.
2. *Fuzzy Logic Controller* menggunakan mikrokontroler AT89S52.
3. Sensor level menggunakan kombinasi LED dan photodiode yang dipasang pada tabung I, III dan elektroda yang dipasang pada tabung II.
4. Sensor suhu menggunakan sensor LM 35 yang diletakkan pada tabung II.

3.3 Peralisasian Alat



3.3.1 Perancangan Perangkat Keras dan Peralisasian Tiap Blok

- Pembuatan blok diagram lengkap sistem.
- Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan
- Merakit perangkat keras masing-masing blok.

3.3.2 Perancangan dan Peralisasian Perangkat Lunak

Setelah kita mengetahui seperti apa perangkat keras yang kita rancang untuk aplikasi kontrol ini maka kita membutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Program yang dibuat dalam bentuk bahasa C yang disimpan dalam mikrokontroler AT89S52.

3.4 Pengujian Alat.

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan maka perlu dilakukan pengujian alat meliputi perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat

lunak (*software*) yang dilakukan baik secara per blok rangkaian maupun keseluruhan sistem.

3.4.1 Pengujian Perangkat Keras

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai tegangan dan arus pada alat dengan cara pengukuran yang dibandingkan dengan nilai tegangan dan arus yang diijinkan bekerja dalam komponen alat berdasarkan data sekunder komponen.

3.4.2 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan melakukan pengujian pada program pada rangkaian yang telah dirakit secara lengkap dengan memberi masukan dan mengamati keluarannya.

3.4.3 Pengujian Keseluruhan Sistem

Tujuan pengujian sistem secara keseluruhan adalah untuk mengetahui unjuk kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama.

3.5 Analisa Data dan Pengambilan Kesimpulan

Kesimpulan didapat berdasarkan dari hasil perealisasiian dan pengujian pengendalian level dan suhu pada alat pasteurisasi susu berbasis logika fuzzy.

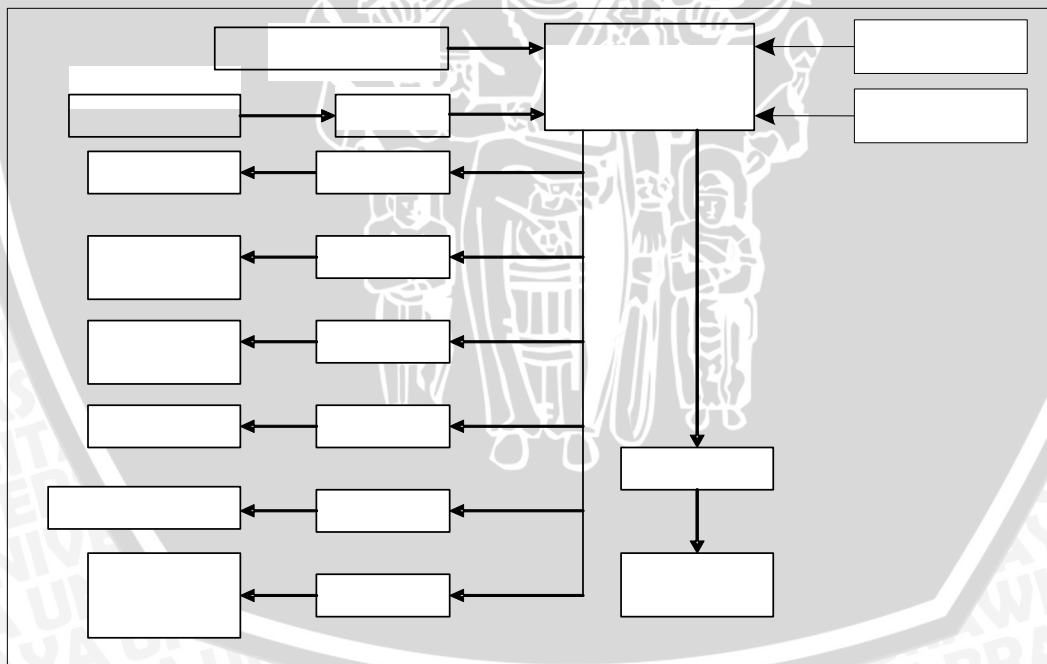
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1 Gambaran Umum

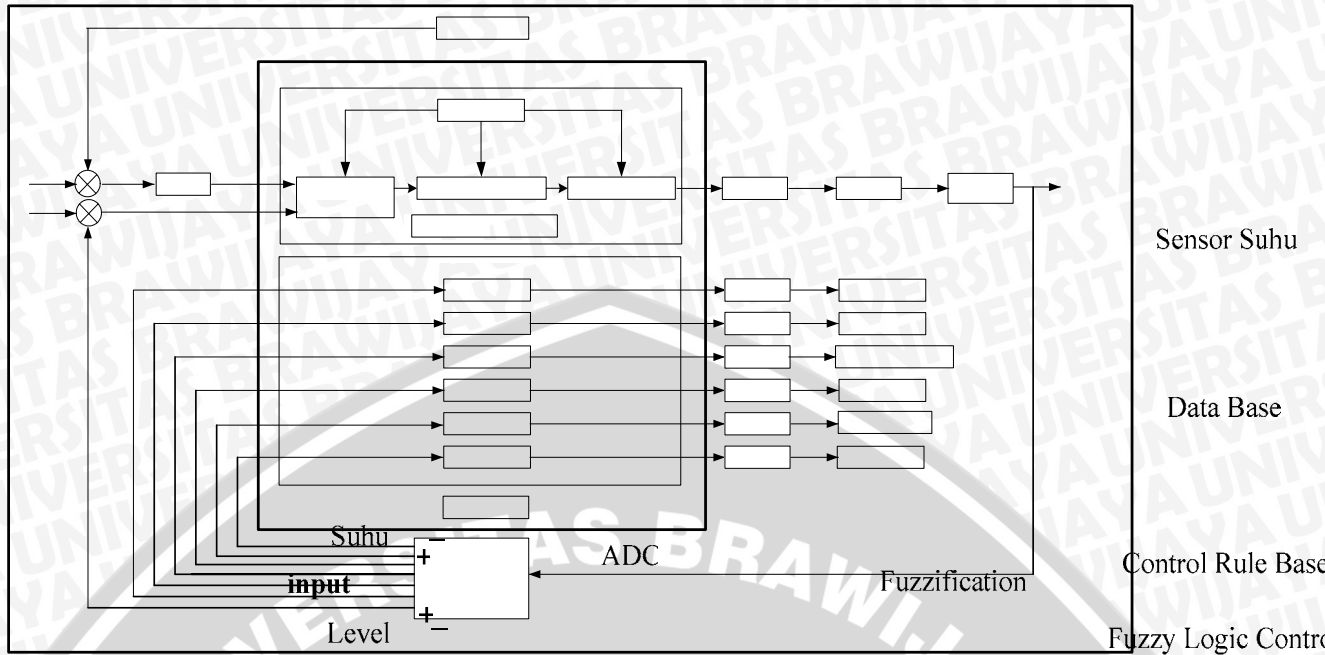
Alat yang dibuat direncanakan mampu menjaga level dan suhu dalam tabung pasteurisasi susu pada 1 – 12cm dan 63°C-75°C. Sensor level dan sensor suhu akan membaca keadaan pada tabung dan memberikan masukan pada mikrokontroler AT89S52. Sistem kontrol yang digunakan adalah *Fuzzy Logic Control* yang nantinya akan dikonversi dalam bahasa C dan diterapkan pada mikrokontroler. Dengan demikian diharapkan mikrokontroler mampu mengatur seberapa panas yang dapat dikeluarkan oleh pemanas untuk menjaga suhu pada 63°C-75°C.

4.2 Perancangan Hardware

Agar perancangan dan perealisasiian alat berjalan secara sistematis maka perlu dirancang diagram blok yang menjelaskan sistem yang dibuat secara garis besar.



Gambar 4.1. Blok Diagram Sistem
Sumber: Perancangan



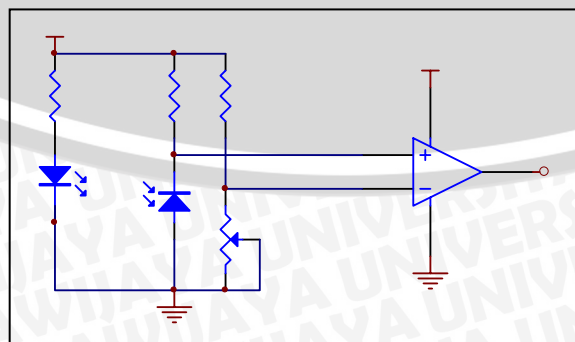
Gambar 4.2. Blok Diagram Sistem Kontrol Level dan Suhu Pada Alat Pasteurisasi Susu
Sumber : Perancangan

Dari diagram blok diatas dilihat sistem ini memiliki bagian-bagian sebagai berikut:

1. Rangkaian sensor level.
2. Rangkaian sensor suhu.
3. Driver motor.
4. ADC.
5. Mikrokontroler AT89S52.

4.2.1. Rangkaian Sensor Level

Pada tugas akhir ini sensor level yang digunakan pada tabung I dan III adalah suatu penerapan dari rangkaian sensor cahaya, yang terdiri dari rangkaian pemancar cahaya dan rangkaian penerimanya. Pemancar yang digunakan adalah LED inframerah. Sensor Level



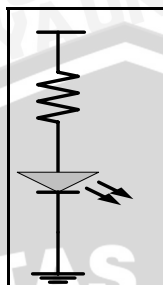
Gambar 4.3. Rangkaian Sensor Level
Sumber: Perancangan

ON/OFF
ON/OFF
ON/OFF
ON/OFF
ON/OFF
AT89S52



4.2.1.1 Rangkaian Pemancar

Rangkaian pemancar (*transmitter*) berfungsi untuk memancarkan pulsa-pulsa listrik yang nantinya akan diterima oleh rangkaian penerima. Gambar 4.4 menunjukkan rangkaian pemancar inframerah.



Gambar 4.4. Rangkaian Pemancar
Sumber: Perancangan

Dalam perancangan pemancar inframerah, berdasarkan data book MLED 81, untuk membias maju LED inframerah dibutuhkan arus forward sebesar 100 mA (max). Dalam perencanaan digunakan $I_{LED} = 20$ mA dan tegangan LED (V_{LED}) = 1,5 volt, sehingga nilai resistor yang dipasang adalah:

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_f \text{ (dioda)}}$$

$$R_1 = \frac{(5 - 1,5)\text{volt}}{20\text{mA}}$$

$$R_1 = \frac{3,5}{20\text{mA}}$$

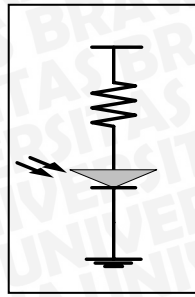
$$R_1 = 175\Omega$$

$$R_1 \approx 170\Omega$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai resistor pada infra merah sebesar 170 Ω , karena di pasaran tidak ada maka diambil nilai terdekatnya yaitu 220 Ω .

4.2.1.2 Rangkaian Penerima

Rangkaian penerima berfungsi untuk menerima pulsa-pulsa listrik dari pemancar inframerah yang nantinya diterima oleh komponen photodiode dan mengubahnya ke dalam bentuk keluaran berupa tegangan. Gambar 4.5 menunjukkan rangkaian penerima inframerah.



Gambar 4.5. Rangkaian Penerima
Sumber: Perancangan

Dalam perancangan penerima inframerah digunakan photodiode dengan data sebagai berikut:

Dalam perancangan digunakan $I_{LED} = 0,5 \text{ mA}$ dan $V_{LED} = 0,3 \text{ volt}$. Sehingga nilai resistor yang dipasang adalah:

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

$$R_2 = \frac{(5 - 0,3)\text{volt}}{0,5\text{mA}}$$

$$R_2 = \frac{4,7\text{volt}}{0,5\text{mA}}$$

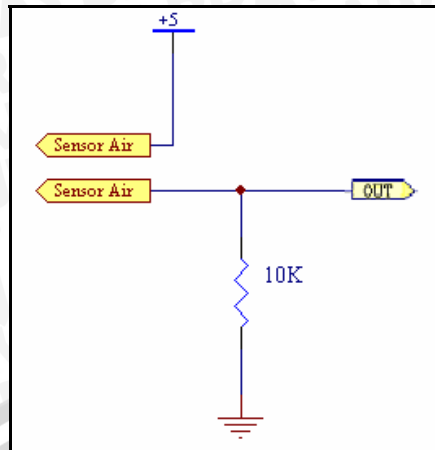
$$R_2 = 9,4\text{k}\Omega$$

$$R_2 \approx 10\text{k}\Omega$$

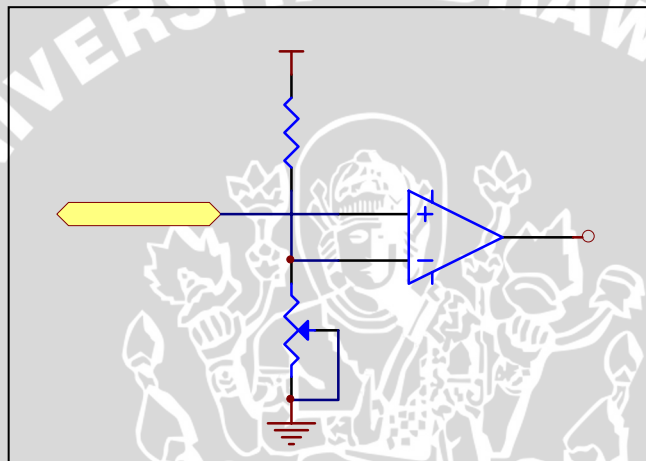
Sehingga resistor yang dipasang adalah $10\text{k}\Omega$.

4.2.1.3 Rangkaian Sensor Level II

Sensor level terdiri dari 2 buah logam, logam 1 terhubung langsung ke tegangan 5 volt dan logam 2 terhubung ke input mikrokontroler AT89S52. Letak sensor ini terdapat pada tabung II, yaitu pada tabung pasteurisasi. Sensor ini memanfaatkan susu yang bersifat konduktor (penghantar). Apabila antara logam satu dengan logam lainnya terdapat cairan susu maka kedua logam tersebut akan terhubung sehingga mikrokontroler membaca kondisi tersebut, susu yang ada dalam tabung berada pada level berapa. Sedangkan pada saat susu habis maka logam 1 dan logam 2 tidak terhubung maka mikrokontroler membaca kondisi tersebut, susu yang ada dalam tabung habis. Gambar perancangan rangkaian sensor level dapat dilihat dalam gambar 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.6. Rangkaian Elektroda
Sumber: Perancangan



Gambar 4.7. Rangkaian Sensor Level II
Sumber: Perancangan

4. 2. 2 Rangkaian sensor suhu

Suhu susu yang diinginkan untuk pasteurisasi susu adalah 63°C-75°C. Karena itu sensor yang digunakan harus memiliki daerah operasi yang mencakup suhu yang diinginkan yaitu 63°C-75°C. Salah satu sensor suhu yang memiliki range tersebut diatas adalah adalah sensor suhu LM35.

Sensor suhu merupakan transduser yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan suhu menjadi sinyal listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu yang digunakan adalah IC LM35 keluaran National Semikonduktor dengan pertimbangan antara lain rangkaianannya sederhana, keluarannya linier terhadap suhu, terkalibrasi secara langsung dalam derajat celcius, harga terjangkau dan mudah didapatkan. Rangkaian Sensor suhu LM35 memiliki tegangan operasi yang umum digunakan yaitu 4 hingga 20 volt.

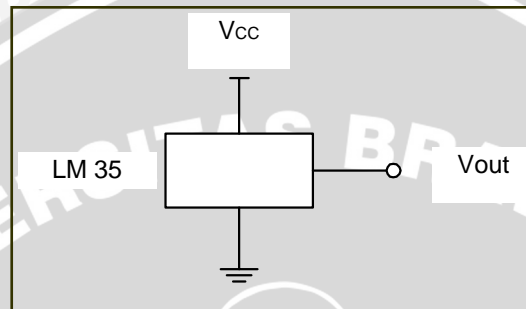
ELEKTRODA I

VCC

U
4

100K

IC LM35 mempunyai impedansi masukan yang tinggi dan impedansi keluaran yang rendah, mempunyai sensitivitas $\pm 10\text{mV}/^\circ\text{C}$ dan jangkauan operasi suhu $-55^\circ\text{C} - 150^\circ\text{C}$. Tegangan catu yang digunakan $5V_{\text{dc}}$. Tegangan keluaran dari sensor adalah $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. Jangkauan pengaturan suhu yang direncanakan adalah $63^\circ\text{C}-75^\circ\text{C}$ (suhu pasteurisasi), sehingga keluaran sensor adalah $630\text{mV}-720\text{mV}$. Keluaran dari sensor suhu selanjutnya dihubungkan ke pengkondisi sinyal. Tabel 4.1 menunjukkan hubungan antara suhu dan tegangan keluaran.



Gambar 4.8. Rangkaian Sensor Suhu
Sumber : Perancangan

Tabel 4.1. Hubungan antara suhu dan tegangan keluaran sensor.

Suhu ($^\circ\text{C}$)	Vout (mV)
0	0
1	10
·	-
·	-
30	300
·	-
·	-
45	450
·	-
·	-
75	750

Sumber : Perancangan

4.2.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Analog

Untuk memperoleh resolusi suhu yang diinginkan dapat ditanggapi oleh ADC0804 keluaran sensor suhu harus dihubungkan dengan rangkaian pengkondisi

sinyal analog. Pengkondisi sinyal analog terdiri dari penguat penyangga (*buffer*) dan penguat tak membalik (*non-inverting amplifier*). Rangkaian pengkondisi sinyal analog berupa penguat *buffer* dan penguat *non-inverting* ditunjukkan dalam Gambar 4.9.

Penguat penyangga atau pengikut tegangan berfungsi untuk merubah tegangan pada impedansi tinggi menjadi tegangan yang sama pada impedansi rendah. Karena sensor suhu IC LM35 menghasilkan tegangan yang berubah-ubah sesuai dengan perubahan suhu, penguat penyangga memastikan agar sinyal ini tidak terpengaruh oleh pembebanan dari penguat berikutnya.

Keluaran dari penguat penyangga dikuatkan lagi oleh penguat *non-inverting*. Besarnya penguatan dari penguat *non-inverting* ini akan ditentukan oleh besarnya resolusi pengukuran suhu yang diinginkan. Jika keluaran tegangan dari sensor adalah $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ maka besar tegangan ini adalah $\frac{1}{2}$ LSB dari resolusi ADC 0804 dengan $V_{\text{ref}} = 5$ volt, dimana resolusi 1 LSB adalah:

$$R_{\text{resolusi}} = \frac{5\text{V}}{2^8 - 1} = 0,0196\text{V} = 19,6\text{mV} \approx 20\text{mV}$$

Agar resolusi suhu menjadi 1°C dan keluaran dari sensor ditanggapi oleh ADC sebesar 1 LSB, maka besar penguatan adalah:

$$A = \frac{20\text{mV}}{10\text{mV} \times 1} = 2 \text{ kali}$$

Rangkaian pengkondisi sinyal ini terdiri dari Op- Amp Voltage Follower dan penguat differensial. Tegangan output dari voltage follower akan mengikuti tegangan inputnya.

$$V_{O2} = V_{O1}$$

Selanjutnya keluaran dari Op-Amp Voltage Follower akan dimasukkan ke penguat Differensial karena tegangannya masih kecil. Nilai penguatan yang diberikan oleh penguat differensial adalah persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$A_o = \frac{R_3}{R_2} = \frac{R_5}{R_4}$$

Dimana $R_2 = R_4 = 10\text{K}\Omega$, dan $A_o = 2$ kali:

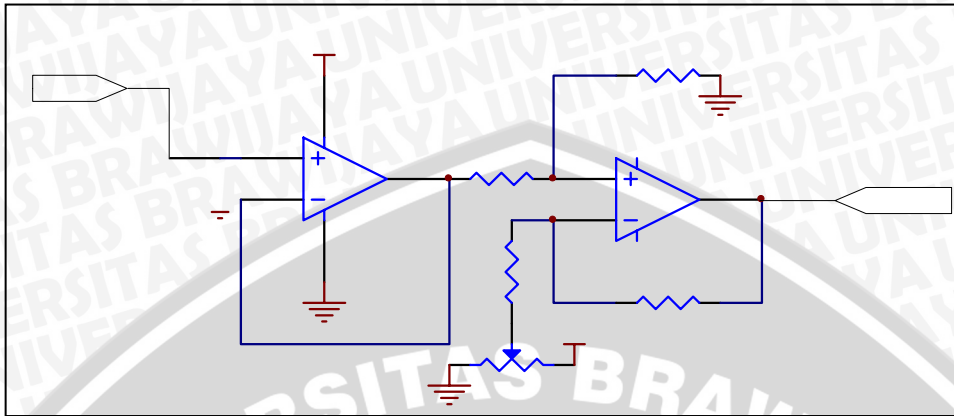
$$2 = \frac{R_3}{10\text{K}\Omega} = \frac{R_5}{10\text{K}\Omega}$$

$$R_3 = R_5 = 20\text{K}\Omega$$

Dengan besar tegangan referensi (V_r) yang diberikan sama dengan 0 volt, maka tegangan keluaran (V_o) yang diperoleh adalah :

$$V_o = A_o(V_i - V_{ref})$$

$$= 2(V_i - 0) = 2V_i$$

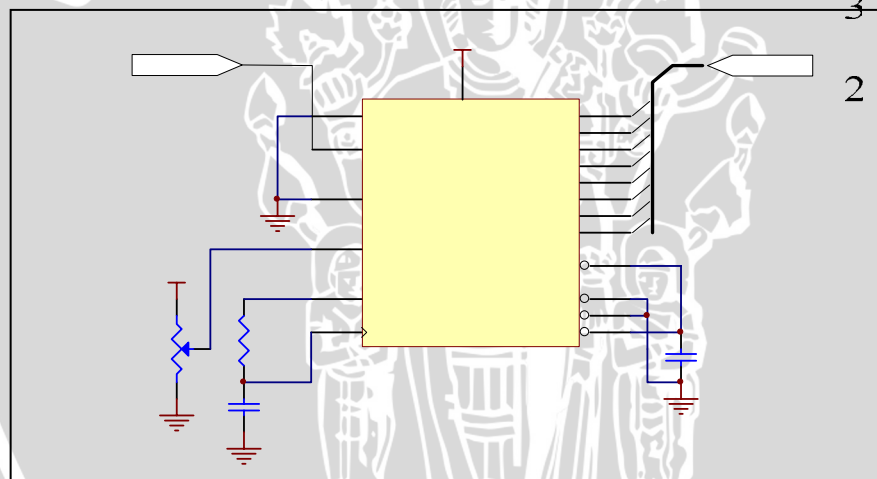


Gambar 4.9. Rangkaian Pengkondisi Sinyal
Sumber : Perancangan

VCC

LM35

4.2.4 Rangkaian ADC 0804



Gambar 4.10. Rangkaian ADC 0804
Sumber : Perancangan.

U2A

1

LM324

11

Rangkaian ADC menggunakan IC ADC0804 sebagai bagian yang berfungsi untuk mengkonversi sinyal analog dari sensor menjadi data digital. Lebar data yang 8-bit mencukupi untuk aplikasi sederhana seperti pengukuran suhu. Waktu konversi 100 μ s sangat cepat untuk pengkonversian tegangan dengan perubahan yang lambat.

Hubungan pin-pin ADC0804 dengan komponen lain ditunjukkan dalam gambar 4.10. Jalur data 8-bit ADC pada perencanaan ini, dirangkai untuk menghasilkan perubahan analog ke digital secara kontinu, artinya keluarannya akan selalu diperbaharui sesuai dengan perubahan tegangan masukannya. Untuk mengijinkan ADC

Sensor suhu

aktif, maka \overline{CS} (*chip select*) ditanahkan sedangkan \overline{WR} (*write*) dan \overline{INTR} (*interrupt*) disambung menjadi satu. Agar hasil perubahan dapat dibaca, maka \overline{RD} harus ditanahkan juga. Operasi akan berlangsung secara kontinyu karena sinyal \overline{INTR} (ekivalen dengan sinyal selesai konversi) akan menggerakkan masukan \overline{WR} (ekivalen dengan sinyal awal konversi). Pada setiap akhir konversi, \overline{INTR} akan berubah logika menjadi rendah, sehingga keadaan ini akan me-reset ADC dan mendorong \overline{INTR} kembali ke keadaan tinggi. Begitu \overline{INTR} tinggi, suatu konversi baru segera dimulai. Setiap kali konversi selesai, data digital yang ekivalen dengan tegangan masukan diisikan ke dalam *register buffer* keluaran. Dengan proses ini, keluaran digital akan diperbaharui secara terus menerus sesuai dengan tegangan masukan analognya.

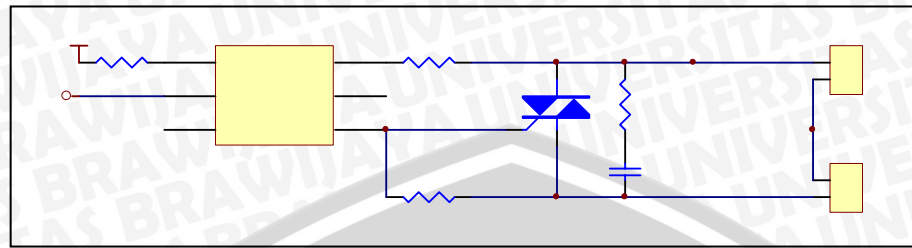
Tegangan referensi ADC adalah 0 V untuk V_{ref-} dan 5 V untuk V_{ref+} . Karena tegangan kerja rangkaian adalah 5 V, maka tegangan referensi ini dihubungkan dengan catu daya 5 V yang mencatu rangkaian. Rangkaian ADC 0804 disini telah dilengkapi dengan clock internal yang diaktifkan dengan menghubungkan tahanan eksternal (R) antara kaki CLK-R dengan CLK-IN, seta sebuah kapasitor eksternal (C) antara kaki CLK-IN dengan *ground*. Nilai R ditentukan sebesar $10K\Omega$ dan nilai C sebesar $150P_F$ sehingga memberikan frekuensi clock sebesar:

$$\begin{aligned} f_{clk} &= \frac{1}{1,1RC} \\ &= \frac{1}{1,1 \cdot 10K\Omega \cdot 150P_F} \\ &= 606,06KHz \end{aligned}$$

4.2.5 Rangkaian *Driver* Pompa dan Pemanas

Untuk mengalirkan susu dari dalam tabung penampungan ke tabung pasteurisasi digunakan pompa aquarium. Pompa ini merupakan suatu sistem yang dibuat menggunakan motor AC dengan tegangan jala-jala 220 volt. Untuk mengendalikan daya pemanas digunakan rangkaian yang tersusun dari *triac* BT 136 sebagai *driver*-nya. Sedangkan rangkaian penghubung antara *triac* dengan mikrokontroler digunakan *optotriac* MOC3021 yang berfungsi sebagai peng-isolasi antara rangkaian

mikrokontroler dengan beban AC (pemanas). Rangkaian *triac* dan *opto triac* ini dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11. Rangkaian *Driver* Pemanas
Sumber : Perancangan

Saat kaki katoda mendapat logika 0 maka led akan menyala dan diterima oleh phototransistor pada MOC3021 yang berada dalam satu paket IC, maka dalam pin main dua akan mengeluarkan tegangan dan diterima oleh *triac* BT 136 pada kaki tiga sehingga kaki dua dan kaki satu terhubung. Dengan proses ini maka pompa akan aktif. Aktifnya motor pompa akan memompa susu dari tabung. Saat kaki katoda mendapat logika 1 maka akan mati akibatnya relay akan mati sehingga pompa akan berhenti memompa susu.

Demikian juga dengan rangkaian *driver* pemanas yang membutuhkan tegangan AC 220 volt untuk pemanasan susu. Untuk analisa data yang digunakan :

$$V_{in} = 5\text{volt(max)}$$

Dalam perancangan pemilihan R_1 dengan tujuan untuk membatasi arus yang masuk LED MOC 3021. Arus maksimum (I_F) yang masuk ke dalam LED adalah 10mA. Sedangkan tegangan majunya adalah maksimum 1,5 V typical 1,15 V. Dari data tersebut maka nilai R_1 minimum bisa dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{V_{CC} - V_F}{I_F} \\ &= \frac{5 - 1,5}{10 \text{ mA}} \\ &= 385 \Omega \end{aligned}$$

Jadi pemilihan $R_1 = 470 \Omega$ memenuhi kebutuhan untuk membuat LED bekerja.

Sedangkan pemilihan nilai R_2 ditentukan oleh arus puncak maksimum pada keluaran *driver optotriac* yaitu $1A_{(peak)}$. Jika beroperasi pada jala-jala 220V maka R_2 minimum bisa diketahui sebagai berikut:

$$V_{rms} = 220 \text{ V}$$

$$V_{in(peak)} = \sqrt{2} V_{rms}$$

$$= \sqrt{2} 220$$

$$= 311 \text{ V}$$

$$R_2 = \frac{V_{in(peak)}}{I}$$

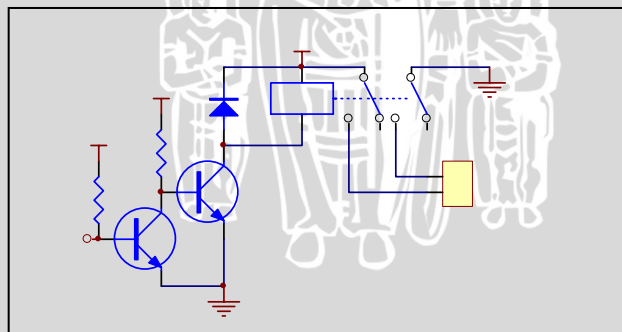
$$= \frac{311 \text{ V}}{1 \text{ A}}$$

$$= 311 \Omega$$

Jadi pemilihan R_2 minimum adalah 311Ω

4.2.6 Rangkaian *Driver* Motor DC

Rangkaian *driver* motor DC diperlukan untuk menggerakkan motor DC sesuai dengan perancangan. Untuk perancangan sistem motor kran dan pengaduk juga menggunakan motor DC dan disuplay dengan tegangan 12 V. *Driver* yang terdiri dari 2 buah transistor NPN yaitu BC547 dan BD139. Rangkaian *driver* motor DC ini dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12. Rangkaian *Driver* Pengaduk
Sumber : Perancangan

Pada transistor ini dipicu dengan tegangan 5 volt dan arus maksimum 300mA, dua transistor ini mampu mengaktifkan relay yang hanya memiliki tegangan maksimal sebesar 12 V dengan resistensi kumparan sebesar 300Ω . Jadi dapat diketahui arus relay sebesar:

$$I_{relay} = \frac{V_{cc}}{R_{relay}}$$

$$I_{relay} = \frac{12V}{300\Omega}$$

$$I_{relay} = 40mA$$

Rangkaian *driver* motor DC diperlukan untuk menggerakkan motor DC sesuai dengan perancangan. Untuk perancangan sistem motor kran dan pengaduk juga menggunakan motor DC dan disuplay dengan tegangan 12 V. *Driver* yang terdiri dari 2 buah transistor NPN yaitu BC547 dan BD139. Pada transistor ini dipicu dengan tegangan 5 volt dan arus maksimum 300mA, dua transistor ini mampu mengaktifkan relay yang hanya memiliki tegangan maksimal sebesar 12 V dengan resistensi kumparan sebesar 300Ω. Jadi dapat diketahui arus relay sebesar:

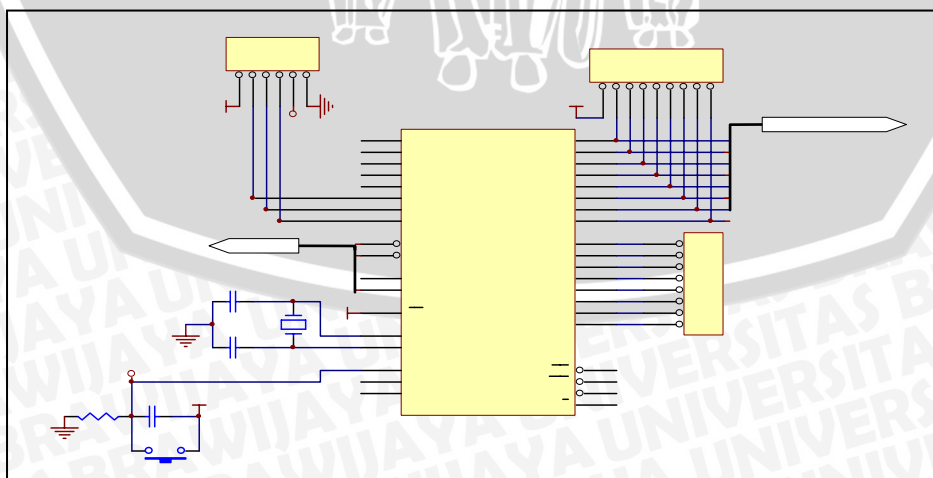
$$I_{relay} = \frac{V_{cc}}{R_{relay}}$$

$$I_{relay} = \frac{12V}{300\Omega}$$

$$I_{relay} = 40mA$$

4.2.7 Sistem Mikrokontroler AT89S52

Pada alat ini digunakan mikrokontroler sebagai pusat pengolah data dan pengendali peralatan lainnya. Gambar 4.13 adalah minimum sistem mikrokontroler AT89S52.



Gambar 4.13. Minimum Sistem Mikrokontroler AT89S52

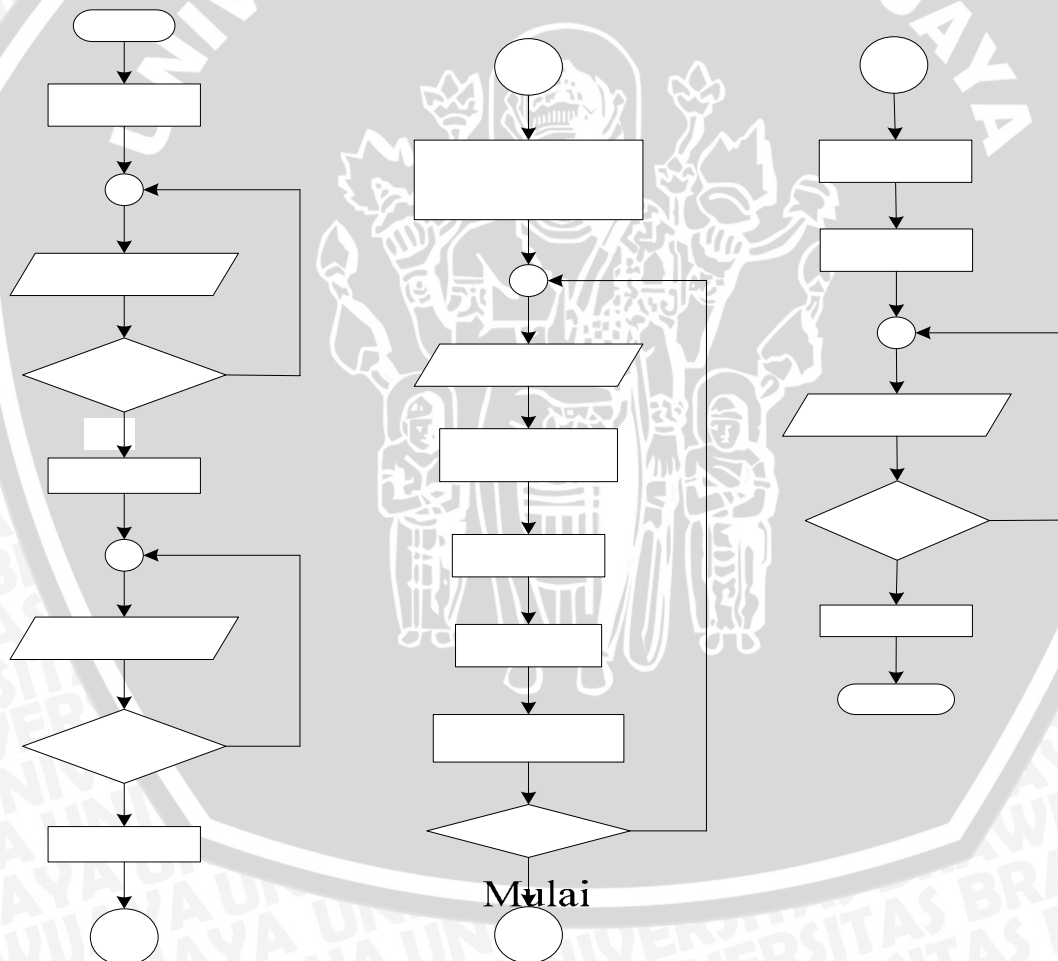
Sumber : Perancangan

Mikrokontroler AT89S52 mempunyai 4 port, 32 jalur yang dapat diprogramkan menjadi masukan atau keluaran, pada perancangan ini pin-pin yang digunakan adalah :

- Port 0 : digunakan untuk jalur data keluaran dari mikrokontroler menuju driver motor DC
- Port 1 : dihubungkan dengan sensor suhu keluaran dari ADC.
- INT0,INT1 : digunakan untuk jalur data keluaran dari mikrokontroler menuju driver motor AC.
- Port 2 : dihubungkan dengan sensor level.

4.3 Perancangan Software

Diagram alir perancangan software secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 4.14.



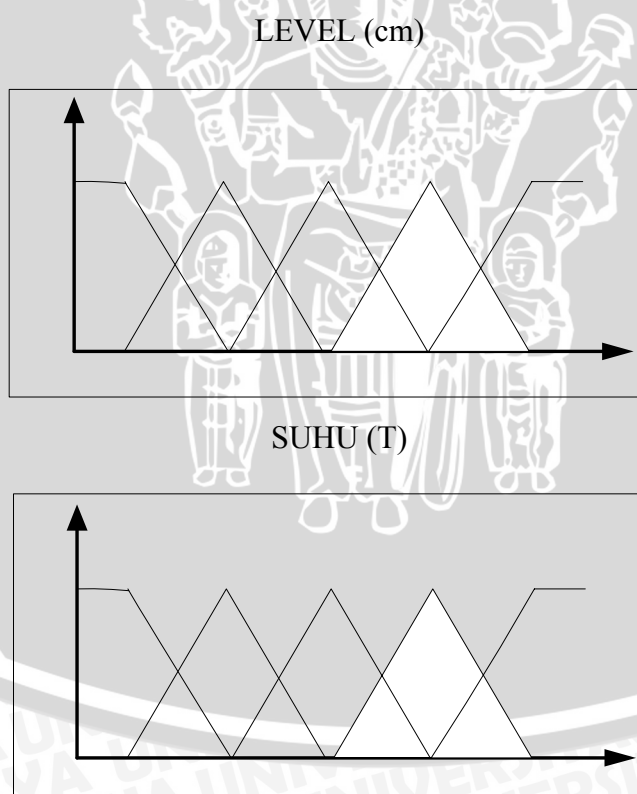
Gambar 4.14. Diagram Alir Inisialisasi Fuzzy Secara Umum
Sumber : Perancangan

Program ini dirancang agar mikrokontroler mampu membaca *input* (masukan) dari sensor level dan sensor suhu yang kemudian akan dibentuk himpunan keanggotaan dari kedua masukan tersebut atau yang sering disebut dengan *fuzzyfikasi* untuk data dari sensor level dan sensor suhu ini. Setelah proses *fuzzyfikasi* terlaksana, mikrokontroler akan melakukan *inferensi rule*. Aturan-aturan yang digunakan disimpan sebagai *data base*. Hasil dari *inferensi rules* akan di-*defuzzyfikasi* untuk menghasilkan keputusan.

4.3.1 Fuzzyfikasi

Inisialisasi merupakan bagian awal program yang berisi pendeklarasian semua variabel yang akan digunakan.

Pada proses fuzzyfikasi, level dan suhu masing-masing dibagi menjadi lima fungsi anggota segitiga simetris yaitu kosong (K), agak kosong (AK), menengah (M), agak penuh (AP), penuh (P) untuk level dan kurang panas (KP), hangat (H), menengah (M), agak panas (AP), sangat panas (SP) untuk suhu seperti tampak pada gambar 4.15.



Gambar 4.15. Fuzzyfikasi level dan suhu
Sumber : Perencanaan

Langkah pertama yang dilakukan adalah penentuan batas-batas tiap anggota himpunan untuk level, seperti berikut ini :

- | | |
|---|-------------------------|
| ▪ $\text{level} \leq 3\text{cm}$ | masuk dalam himpunan K |
| ▪ $0,5\text{cm} < \text{level} \leq 3\text{cm}$ | masuk dalam himpunan AK |
| ▪ $3\text{cm} < \text{level} \leq 9\text{cm}$ | masuk dalam himpunan M |
| ▪ $6\text{cm} < \text{level} \leq 12\text{cm}$ | masuk dalam himpunan AP |
| ▪ $\text{level} > 12\text{cm}$ | masuk dalam himpunan P |

Set point untuk level adalah 6cm.

Sedangkan batas-batas anggota himpunan untuk suhu adalah :

- | | |
|--|-------------------------|
| ▪ $\text{suhu} \leq 49^\circ\text{C}$ | masuk dalam himpunan KP |
| ▪ $27^\circ\text{C} < \text{suhu} \leq 72^\circ\text{C}$ | masuk dalam himpunan H |
| ▪ $49^\circ\text{C} < \text{suhu} \leq 73^\circ\text{C}$ | masuk dalam himpunan M |
| ▪ $72^\circ\text{C} < \text{suhu} \leq 75^\circ\text{C}$ | masuk dalam himpunan AP |
| ▪ $\text{suhu} > 73^\circ\text{C}$ | masuk dalam himpunan SP |

Set point yang diinginkan adalah 72°C , karena itu nilai 72°C diletakkan ditengah himpunan (Z).

Sistem yang dirancang memiliki keluaran sebagai berikut :

Pemanas dengan 3 kondisi : *off*, hangat, dan panas.

Karena itu pemanas juga dibagi menjadi 3 fungsi yaitu *zero* (Z), *positive small* (PS), *positive big* (PB).



Gambar 4.16. Fuzzyfikasi Pemanas
Sumber : Perencanaan

Setiap kali terdapat masukan dari level dan suhu, akan diperiksa terletak pada himpunan manakah masukan tersebut berapa derajat keanggotaannya (μ).

4.3.2 Inferensi Fuzzy

Setelah proses *fuzzyfikasi* selesai maka dilakukan proses *inferensi fuzzy*. Karena masing-masing masukan dibagi menjadi lima keanggotaan maka *rules* disusun sebanyak 25 *rule* seperti berikut :

Tabel 4.2. Rules level dan suhu
S U H U

	KP	H	M	AP	SP	
L E V E L	K	PEMANAS ++	PEMANAS +	PEMANAS+	OFF	OFF
	AK	PEMANAS ++	PEMANAS +	PEMANAS+	OFF	OFF
	M	PEMANAS ++	PEMANAS ++	OFF	OFF	OFF
	AP	PEMANAS ++	PEMANAS ++	PEMANAS+	OFF	OFF
	P	PEMANAS ++	PEMANAS ++	PEMANAS+	OFF	OFF

If suhu is KP and level is K then pemanas is PB (rule 1)

If suhu is KP and level is AK then pemanas is PB (rule 2)

If suhu is KP and level is M then pemanas is PB (rule 3)

If suhu is KP and level is AP then pemanas is PB (rule 4)

If suhu is KP and level is P then pemanas is PB (rule 5)

If suhu is H and level is K then pemanas is PS (rule 6)

If suhu is H and level is AK then pemanas is PS (rule 7)

If suhu is H and level is M then pemanas is PB (rule 8)

If suhu is H and level is AP then pemanas is PB (rule 9)

If suhu is H and level is P then pemanas is PB (rule 10)

If suhu is M and level is K then pemanas is PS (rule 11)

If suhu is M and level is AK then pemanas is PS (rule 12)

If suhu is M and level is M then pemanas is Z (rule 13)

If suhu is M and level is AP then pemanas is PS (rule 14)

If suhu is M and level is P then pemanas is PS (rule 15)

If suhu is AP and level is K then pemanas is Z (rule 16)

If suhu is AP and level is AK then pemanas is Z (rule 17)

If suhu is AP and level is M then pemanas is Z (rule 18)

If suhu is AP and level is AP then pemanas is Z (rule 19)

If suhu is AP and level is P then pemanas is Z (rule 20)

If suhu is SP and level is K then pemanas is Z (rule 21)

If suhu is SP and level is AK then pemanas is Z (rule 22)

If suhu is SP and level is M then pemanas is Z (rule 23)

If suhu is SP and level is AP then pemanas is Z (rule 24)

If suhu is SP and level is P then pemanas is Z (rule 25)

Rule 1 sampai dengan rule 5 dapat disederhanakan menjadi 1 rule saja kelima rule tersebut memiliki aksi yang sama, demikian juga dengan rule 16 sampai dengan rule 25, sehingga jumlah seluruh rules menjadi 12 rule saja. Rules digunakan sebagai

dasar untuk mengambil keputusan atau melakukan salah satu aksi dari pemanas yaitu panas, hangat dan off.

Aksi yang telah diputuskan akan disimpan dalam variabel "aksi" dan sekaligus menentukan aksi tersebut PB, PS atau Z. satu kali proses *inferensi fuzzy* ini menghasilkan empat keputusan aksi dan empat nilai derajat keanggotaan.

Pada proses *reasoning*, nilai-nilai derajat keanggotaan (μ) yang diperoleh akan dibandingkan satu dengan yang lainnya. Karena proses ini menggunakan metode *MAX-MIN* jadi nilai derajat keanggotaan (μ) untuk aksi yang dipilih adalah nilai μ yang paling kecil.

4.3.3 Defuzzyfikasi

Dari proses *Inferensi fuzzy* diperoleh keputusan aksi yang akan dilakukan dan derajat keanggotaan dari aksi tersebut (μ). Hasil ini perlu dikembalikan dari besaran fuzzy menjadi besaran sesungguhnya melalui proses defuzzyfikasi dengan metode COA (*center of Area*).

$$v_o = \frac{\sum_{k=1}^m v_k \mu_v(v_k)}{\sum_{k=1}^m \mu_v(v_k)}$$

v_o = nilai keluaran

m = tingkat kuantitasi

v_k = elemen ke-k

$\mu_v(v_k)$ = derajat keanggotaan elemen-elemen pada fuzzy set v

V = semesta pembicaraan

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Untuk mengetahui apakah sistem hasil perancangan berfungsi dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi perencanaan maka perlu dilakukan pengujian dengan memberikan perubahan pada masukan dan mengamati keluaran dalam blok rangkaian yang diuji tersebut. Data hasil pengujian yang diperoleh merupakan data acuan dalam mengambil kesimpulan.

Pengujian dilakukan pada tiap-tiap blok, diantaranya:

- Pengujian rangkaian sensor level
- Pengujian rangkaian sensor suhu
- Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal
- Pengujian rangkaian *Analog to Digital Converter*
- Pengujian rangkaian *driver* motor AC
- Pengujian rangkaian *driver* motor DC
- pengujian sistem secara keseluruhan

5.1 Pengujian Sensor Level

a. Tujuan

Mengetahui level tegangan sinyal listrik oleh rangkaian sensor level pada saat rangkaian penerima menerima atau tidak menerima sinar infrared yang dipancarkan oleh rangkaian pemancar.

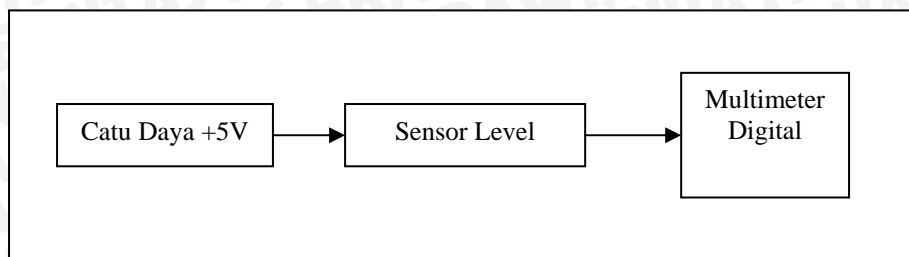
b. Peralatan

- rangkaian sensor level, yang terdiri dari rangkaian pemancar dan penerima
- catu daya + 5 volt
- multimeter digital

c. Langkah Pengujian

- merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.1. Keluaran rangkaian terhubung dengan multimeter digital.
- mengaktifkan catu daya.
- mencatat tegangan yang tampak pada multimeter digital saat rangkaian penerima menerima cahaya infrared dan pada saat rangkaian penerima tidak menerima cahaya infrared.





Gambar 5.1. Blok diagram pengujian rangkaian sensor level

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Level

Permukaan Lintasan	Tegangan pada multimeter digital (volt)	Logika
Gelap	0,9	0
Terang	3,8	1

Dari tabel 5.1 terlihat bahwa pada saat lintasan terang sensor posisi akan memberikan logika “1” sedangkan pada saat lintasan gelap akan memberikan logika “0”. Sehingga sensor posisi ini bisa dikatakan berjalan dengan baik pada aplikasi yang direncanakan.

5.2 Pengujian Sensor level II

a. Tujuan

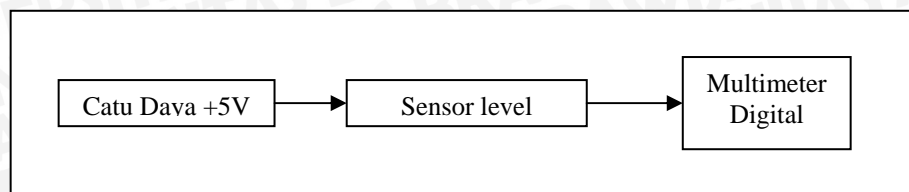
Mengetahui level tegangan sinyal listrik oleh rangkaian sensor level pada saat elektroda terendam susu.

b. Peralatan

- rangkaian sensor level, yang terdiri dari tiga elektroda
- catu daya + 5 volt
- multimeter digital

c. Langkah Pengujian

- merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.2. Keluaran rangkaian terhubung dengan multimeter digital.
- mengaktifkan catu daya.
- mencatat tegangan yang tampak pada multimeter digital saat rangkaian elektroda terendam susu dan pada saat rangkaian elektroda tidak terendam susu.



Gambar 5.2. Blok Diagram Pengujian Sensor level

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.2. Hasil Pengujian Sensor Level II

Permukaan elektroda	Tegangan pada multimeter digital (volt)	Logika
Terendam	0	0
Tak terendam	4,33	1

Dari tabel 5.2 terlihat bahwa pada saat permukaan terendam maka sensor level akan memberikan logika “0” sedangkan pada saat permukaan tak terendam akan memberikan logika “1”. Sehingga sensor level ini bisa dikatakan berjalan dengan baik pada aplikasi yang direncanakan.

5.3. Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

a. Tujuan pengujian

Pengujian rangkaian sensor suhu yang menggunakan LM35 bertujuan untuk mengetahui ketepatan sensor dalam merespon perubahan suhu sekitarnya yaitu dengan mengukur tegangan keluarannya. Jika tanggapan sensor suhu baik maka setiap perubahan 1°C keluaran sensor akan berubah $\pm 10\text{mV}$.

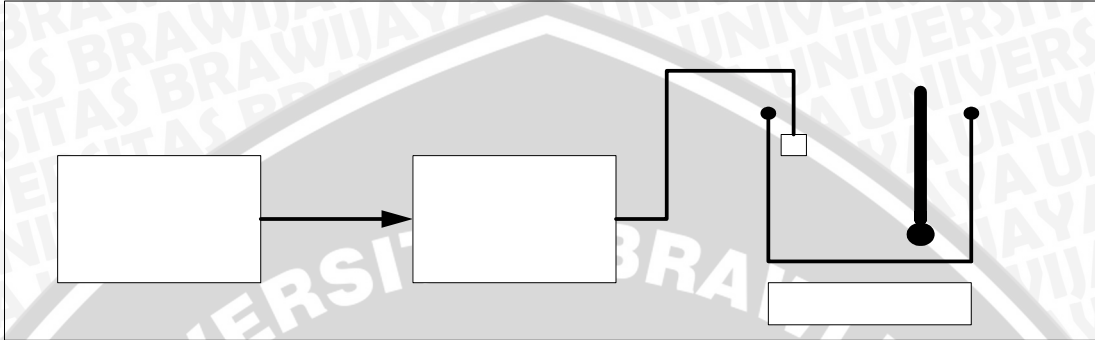
b. Peralatan pengujian

- Pemanas
- Termometer
- Catu daya
- Multimeter Digital
- Bejana

c. Prosedur pengujian

- Menyusun rangkaian pengujian sensor suhu seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3.
- Menghubungkan catu daya ke rangkaian pengujian
- Memasukkan sensor suhu ke dalam bejana berisi air yang telah dipanaskan

- Memasukkan termometer ke dalam bejana untuk mengetahui pembacaan suhu
- Menaikkan suhu air dengan cara menyalakan pemanas
- Mengukur tegangan keluaran sensor dengan multimeter digital
- Pengukuran suhu dimulai dari suhu 30°C - 90°C
- Memasukkan hasil pengujian ke dalam Tabel 5.3



Gambar 5.3. Blok diagram pengujian rangkaian sensor suhu

d. Hasil pengujian

Hasil pengujian rangkaian sensor suhu ditunjukkan dalam Tabel 5.3. Dari data tersebut diperlihatkan hubungan nilai suhu, tegangan keluaran berdasarkan pengukuran, tegangan keluaran berdasarkan perhitungan, dan besar penyimpangan data pengukuran terhadap perhitungan.

Tabel 5.3. Hasil pengujian rangkaian sensor suhu

No	Suhu (°C)	Tegangan keluaran pengukuran (mvolt)	Tegangan keluaran perhitungan (mvolt)	Penyimpangan (%)
1	30	299	300	0,33
2	35	346	350	0,86
3	40	398	400	0,50
4	45	452	450	0,44
5	50	501	500	0,20
6	55	552	550	0,36
7	60	602	600	0,33
8	65	646	650	0,62
9	70	703	700	0,43
10	75	752	750	0,26
11	80	798	800	0,25
12	85	853	850	0,35
13	90	898	900	0,22
Penyimpangan rata-rata				0,39

Multimeter

Ra

e. Analisis hasil pengujian

Dari Tabel 5.3 bisa dilihat bahwa tegangan keluaran sensor suhu terhadap perubahan suhu adalah linier dan sesuai dengan spesifikasi sensor suhu tersebut. Persentase kesalahan dari hasil pengujian terhadap nilai yang diinginkan dalam perancangan bisa dihitung dengan:

$$\text{Persentase penyimpangan} = \frac{|V_o \text{ perhitungan} - V_o \text{ pengukuran}|}{V_o \text{ perhitungan}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan rata-rata} &= \frac{X}{Y} \\ &= Z\% \end{aligned}$$

Adanya penyimpangan dikarenakan:

- Pembacaan yang tidak tepat pada termometer karena untuk skala yang lebih kecil dari satu, pembacaan akan sulit
- Tidak presisinya multimeter sehingga menyebabkan kesalahan dalam pembacaan

5.4. Pengujian Rangkaian Penguat

a. Tujuan pengujian

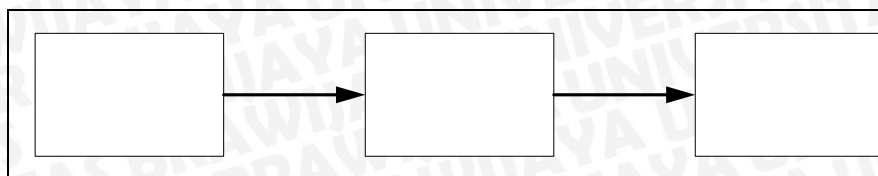
Tujuan pengujian rangkaian penguat adalah untuk membandingkan tegangan keluaran hasil pengamatan dengan hasil perhitungan berdasarkan perubahan tegangan masukan yang direncanakan mempunyai penguatan 2 kali.

b. Peralatan pengujian

- Catu daya
- Multimeter Digital

c. Prosedur pengujian

- Menyiapkan rangkaian penguat tegangan seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.4
- Memberikan tegangan variabel sebagai tegangan referensi pada masukan tak membalik
- Mengukur tegangan keluaran penguat dan memasukkan ke dalam Tabel 5.4.



Gambar 5.4. Blok diagram pengujian rangkaian penguat

d. Hasil pengujian rangkaian

Hasil pengujian rangkaian penguat dimasukkan ke dalam Tabel 5.4. Dari data tersebut diperlihatkan hubungan tegangan masukan, tegangan keluaran berdasarkan pengukuran dan perhitungan, dan besar penyimpangan data pengukuran terhadap perhitungan.

Tabel 5.4. Hasil pengujian rangkaian penguat

No	Tegangan Masukan (mV)	Tegangan keluaran (mV)		Penyimpangan (%)
		Pengukuran	Perhitungan	
1	0,18	0,35	0,36	0,02
2	0,23	0,42	0,46	0,08
3	0,28	0,54	0,56	0,03
4	0,31	0,64	0,62	0,03
5	0,32	0,65	0,64	0,01
6	0,36	0,68	0,72	0,05
7	0,38	0,78	0,76	0,02
8	0,44	0,84	0,88	0,04
9	0,47	0,97	0,94	0,03
10	0,48	0,98	0,96	0,02
11	0,52	1,06	1,04	0,02
12	0,55	0,9	1,1	0,18
13	0,58	1,19	1,16	0,02
14	0,64	1,26	1,28	0,01
15	0,71	1,45	1,42	0,02
16	0,74	1,44	1,48	0,02
Penyimpangan rata-rata				0,03

e. Analisis hasil pengujian

Penguat yang akan diuji adalah penguat tak membalik (*non-inverting*) yang mempunyai penguatan 2 kali. Dari Tabel 5.4 hasil pengujian bisa dilihat bahwa rangkaian penguat tersebut mampu menguatkan tegangan masukan menjadi tegangan keluaran yang mendekati nilai yang direncanakan.

Adapun penyimpangan yang terjadi dapat dihitung :

$$\text{Prosentase penyimpangan} = \frac{|V_o \text{ perhitungan} - V_o \text{ pengukuran}|}{V_o \text{ perhitungan}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Penyimpangan rata - rata} &= \frac{X}{Y} \\ &= Z \% \end{aligned}$$

5.5 Pengujian Analog to Digital Converter

a. Tujuan

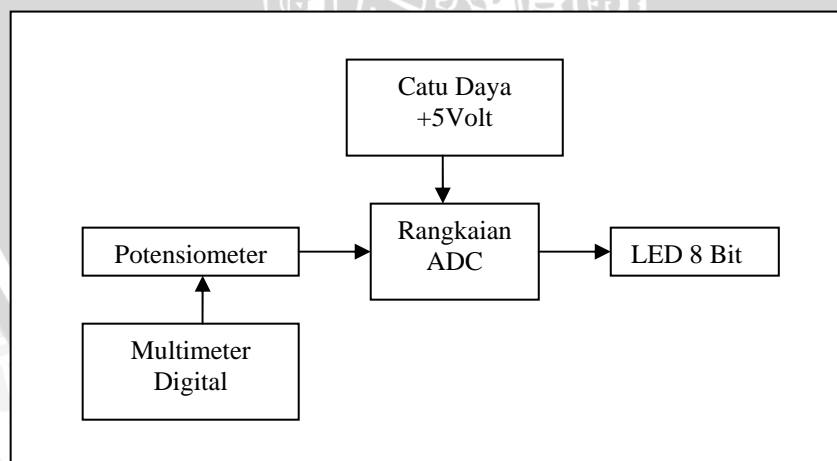
Mengetahui keluaran digital yang dihasilkan berdasarkan masukan analog yang diberikan kepada ADC.

b. Peralatan

- rangkaian ADC 0804
- catu daya +5 volt
- multimeter digital
- potensiometer sebagai masukan analog
- lampu LED mewakili keluaran 8 bit

c. Langkah Pengujian

- merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.5. Keluaran potensiometer terhubung dengan multimeter digital sedangkan keluaran ADC terhubung dengan lampu LED 8 bit.
- mengaktifkan catu daya.
- memutar potensiometer untuk mendapatkan sinyal analog yang diinginkan sebagai masukan ADC.
- mencatat data keluaran yang diwakili oleh lampu LED 8 bit ke dalam bentuk biner. Pengujian dilakukan dari 0 volt sampai 5 volt dengan kenaikan 0,5 volt.



Gambar 5.5. Blok Diagram Pengujian ADC

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.5 Hasil Pengujian ADC

Vin ADC (volt)	Data dari Pengukuran ADC (Hex)	Data dari Perhitungan ADC (Hex)	Kesalahan (%)
0	00	00	0
0,5	19	1A	3,8
1	32	32	0
1,5	4D	4D	0
2	76	76	0
2,5	81	80	0,8
3	98	99	0,7
3,5	B3	B3	0
4	CC	CC	0
4,5	E5	E6	0,4
5	FF	FF	0

Dari tabel 5.5 terlihat kesalahan data berkisar dari 0,4% sampai dengan 3,8% dengan rata-rata kesalahan 0,52%. Dengan rata-rata kesalahan kurang dari 5% maka ADC ini bisa dikatakan berjalan dengan baik pada aplikasi yang direncanakan.

5.6 Rangkaian *Driver* Pompa dan Pemanas

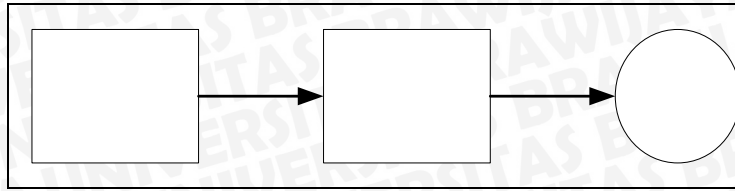
Tujuan pengujian rangkaian *driver* pompa dan pemanas adalah untuk mengetahui kerja triac dan optotriac dalam menggerakkan pompa dan pemanas serta mengisolasi sistem mikrokontroler dari sumber ac.

a) Peralatan yang digunakan

- Catu daya
- Lampu 5 watt

b) Prosedur pengujian

- Menghubungkan rangkaian seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.6
- Memberikan tegangan catu 5 volt
- Mengamati keadaan beban berupa lampu



Gambar 5.6. Blok diagram pengujian rangkaian *driver* pemanas

c) Hasil pengujian

Hasil pengujian *driver* pemanas ditunjukkan dalam Tabel 5.6. Dari tabel tersebut dapat dilihat hubungan antara tegangan masukan analog dan keluaran nyala lampu.

Tabel 5.6. Hasil pengujian *driver* pemanas

Masukan	Lampu
5 volt	On
0 volt	Off

Dari Tabel 5.6 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sesuai dengan yang direncanakan.

5.7 Pengujian Rangkaian *Driver* DC

a. Tujuan pengujian

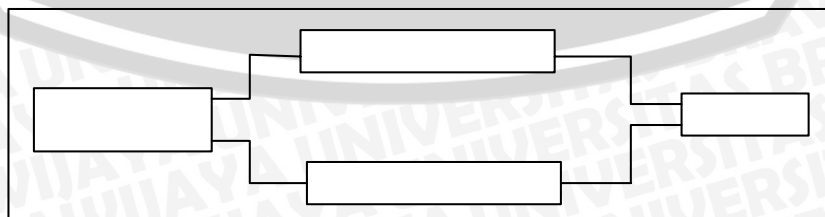
Tujuan pengujian rangkaian *driver* DC adalah untuk mengetahui kerja transistor dalam menggerakkan relay untuk membuka kran gula, kran aroma, kran pengisi dan pengaduk.

b. Peralatan yang digunakan

- Catu daya

c. Prosedur pengujian

- Menghubungkan rangkaian seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.7
- Memberikan tegangan catu 5 volt
- Mengamati arah putaran motor



Gambar 5.7. Blok diagram pengujian rangkaian *driver* DC

d) Hasil pengujian

Tabel 5.7. Hasil pengujian *driver* DC

INPUT		ARAH PUTARAN MOTOR
A(volt)	B(volt)	
5	0	Searah dengan putaran jarum jam
0	0	Berlawanan dengan putaran jarum jam
5	5	Motor DC dalam keadaan diam

Dari Tabel 5.7 dapat dilihat bahwa hasil pengujian sesuai dengan yang direncanakan.

5.8 Pengujian Sistem Mikrokontroler

a. Tujuan

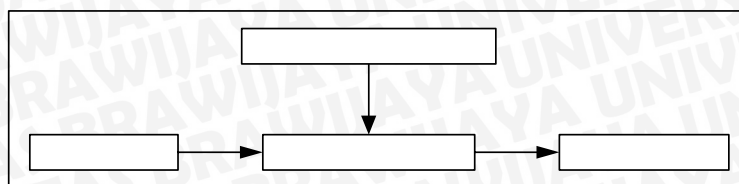
Mengetahui kondisi awal dari sistem mikrokontroler agar sesuai dengan yang diharapkan.

b. Peralatan

- komputer dengan kabel penghubungnya
- minimum sistem mikrokontroler AT89S52
- Lampu LED mewakili keluaran 8 bit
- catu daya +5volt

c. Langkah Pengujian

- merangkai peralatan seperti dalam Gambar 5.8. Keluaran terhubung dengan lampu LED yang mewakili keluaran 8 bit.
- mengisi mikrokontroler dengan program sederhana yang meletakkan 0FH dan FOH pada Accumulator secara bergantian kemudian memindahkannya ke port 1. kemudian download pada mikrokontroler AT89S52.
- mengaktifkan catu daya.
- mereset program untuk mengeluarkan data mikrokontroler.
- mencatat data keluaran yang diwakili oleh lampu LED 8 bit ke dalam bentuk biner.

**Gambar 5.8.** Blok Diagram Pengujian Mikrokontroler

d. Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.8. Hasil Pengujian Sistem mikrokontroler

Kondisi	Keluaran pada LED Display							
	Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7
I	1	1	1	1	0	0	0	0
II	0	0	0	0	1	1	1	1

Dari tabel 5.8 terlihat bahwa port 1 memberikan logika OFH dan FOH secara bergantian sesuai dengan isi program.

5.9. Pengujian Sistem Keseluruhan

a. Tujuan

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan system yang dirancang untuk menjaga level dan suhu pada nilai set point yang diinginkan. Pengujian ini dilakukan menggunakan miniatur alat pasteurisasi susu dengan mengubah-ubah level dan suhu didalamnya.

b. Peralatan Yang Digunakan

- Alat yang telah selesai dibuat dan dirakit
- Susu .

c. Prosedur Pengujian

- Level susu dibuat menjadi 0,5 liter dengan suhu susu 27°C.
- Menyalakan dan mengamati waktu yang diperlukan oleh alat untuk mencapai nilai set point yang diinginkan. Hasil pembacaan sensor level dan sensor suhu.
- Alat dimatikan.
- Menaikkan level susu pada tabung pasteurisasi sampai mencapai 2,5 liter dengan suhu susu 72°C.
- Menyalakan dan mengamati waktu yang diperlukan oleh alat untuk mencapai nilai set point yang diinginkan. Hasil pembacaan sensor suhu dan sensor suhu.
- Mengamati aksi yang dilakukan alat.

d. Hasil Pengujian

Setelah alat dinyalakan dengan suhu awal susu 27°C (NB) dan level 0,5 liter (NB), alat melakukan aksi sesuai dengan *rules* yang diberikan. Kemudian alat dimatikan kemudian suhu susu dinaikkan menjadi 72°C dengan level susu 2,5 liter. Ini berarti suhu dan level dibuat menjadi PB. Alat dinyalakan ternyata aksi yang dilakukan juga sesuai

dengan *rules* yang diberikan seperti pada tabel 5.9 berikut ini.

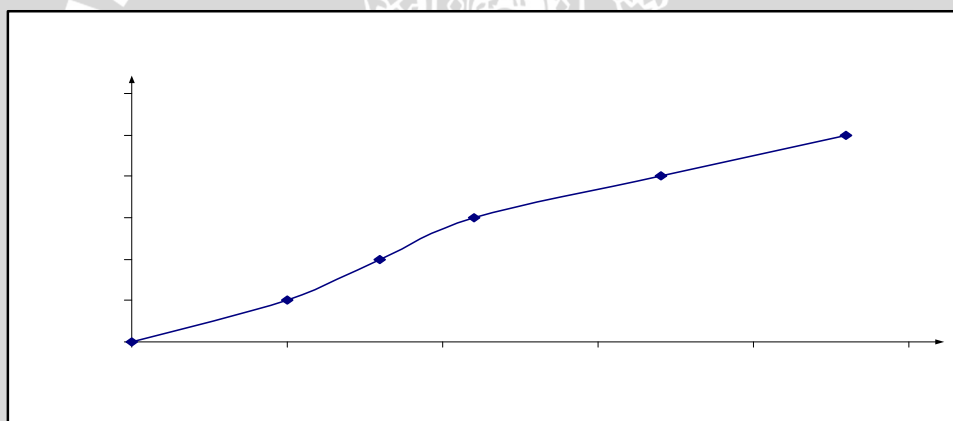
Tabel 5.9. *Rules* level dan suhu
S U H U

	NB	NS	Z	PS	PB
NB	PEMANAS ++	PEMANAS +	PEMANAS+	OFF	OFF
NS	PEMANAS ++	PEMANAS +	PEMANAS+	OFF	OFF
Z	PEMANAS ++	PEMANAS +	OFF	PEMANAS+	OFF
PS	PEMANAS ++	PEMANAS ++	PEMANAS+	PEMANAS+	OFF
PB	PEMANAS ++	PEMANAS ++	PEMANAS+	PEMANAS+	OFF

L
E
V
E
L

Rata-rata waktu yang diperlukan untuk mengubah suhu per 1°C adalah 5 detik.

Set point untuk suhu adalah 72°C dan *set point* untuk level adalah 2,5 liter.



Gambar 5.9. Grafik Pengujian Pompa
Sumber : Pengujian

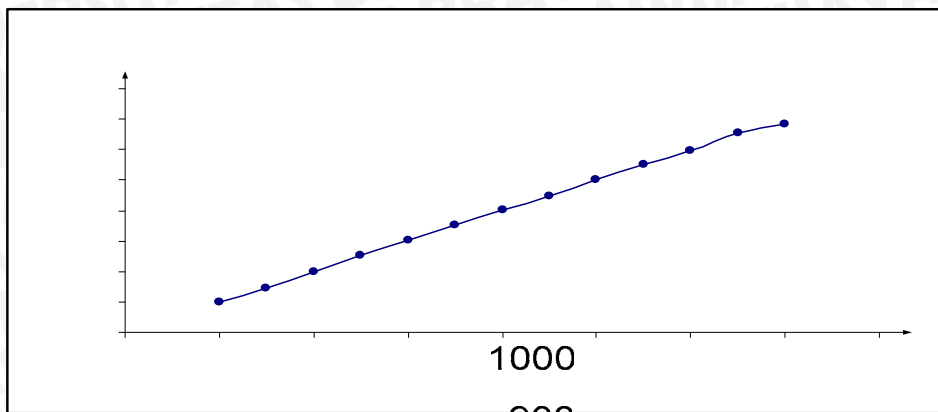
Dari gambar 5.9 terlihat bahwa grafik hasil pengujian pompa adalah linier. Semakin banyak level air susu yang dipompa semakin banyak juga waktu yang diperlukan. Pompa membutuhkan waktu 8 detik per liternya untuk memompa air susu dari tabung satu ke tabung yang lainnya.

Hasil Per

3

2.5

2



Hasil Pengujian

Gambar 5.10. Grafik Pengujian Sensor Suhu Terhadap Tegangan Keluaran Pengukuran (Sumber : Pengujian)

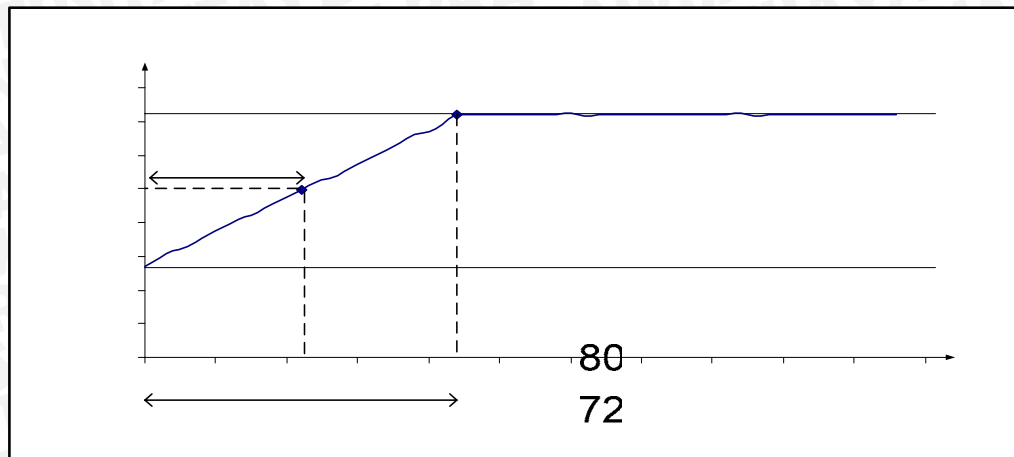
Dari gambar 5.10 terlihat bahwa tegangan keluaran sensor suhu terhadap perubahan suhu adalah linier. Semakin besar suhu semakin besar pula tegangan keluaran pengukurannya.

Tabel 5.10. Hasil pengujian rangkaian keseluruhan

Suhu (oC)	Waktu (per 10 detik)	Tegangan keluaran (mV)	Waktu (per 10 detik)
27	0	200	270
29.3	10	72	280
31.6	20	72	290
33	30	72.6	300
35.2	40	71.6	310
37.4	50	71.8	320
39.7	60	72.1	330
41.8	70	72	340
43.1	80	72	350
45.3	90	72	360
47.5	100	72	370
49.7	110	72.1	380
51.8	120	72	390
53	130	71.9	400
55.2	140	72	410
57.3	150	72.6	420
59.4	160	71.6	430
61.6	170	71.8	440
63.7	180	72.1	450
65.9	190	72	460
67	200	72	470
69.1	210	72	480
72	220	72.1	490
72	230	72	500
72	240	72	510
72.1	250	72	520
71.9	260	72	530

40

50



Gambar 5.11. Grafik Hasil Pengujian Suhu Terhadap Waktu dengan Suhu Awal 27 °C

Sumber: Pengujian

49.7

Dari gambar 5.11 tampak bahwa respon sistem memenuhi spesifik sebagai berikut:

1. Waktu tunda, t_d : waktu yang diperlukan untuk mencapai setengah nilai akhir untuk waktu yang pertama. t_d yang didapat dari pngujian ini adalah 110 detik.
2. Waktu turun, t_s : waktu yang diperlukan untuk mencapai *steady state*. t_s yang diperoleh adalah 220 detik.
3. *Error steady state* yang terjadi sebesar 0,6°C.

5.10 Prinsip Kerja Rangkaian / Alat

Pada dasarnya kerja dari alat atau rangkaian keseluruhan ini adalah semua piranti sistem ini menggunakan mikrokontroler sebagai pengendali utama. Sedangkan media pengolahan susu pasteurisasi ini menggunakan tiga tabung. Pada tabung pertama susu diisikan secara manual setelah tabung penuh baru sistem diaktifkan. Pada saat sistem aktif, maka pompa I mulai memompa susu dari tabung pertama ke tabung kedua sampai dengan level yang diinginkan terpenuhi yang dideteksi oleh sensor level, kemudian pompa I akan “OFF”, motor cairan gula dan aroma “ON”, pengaduk “ON”, pemanas “ON”, setelah suhu terpenuhi sesuai dengan *set point* yaitu 72 °C suhu tersebut dipertahankan selama 5 menit setelah itu maka pemanas akan “OFF”, pengaduk “OFF” dan pompa II “ON” untuk pengisian ke tabung III. Pada saat susu pada tabung II habis maka pompa II “OFF”. Untuk pengisian susu ke gelas dengan cara menekan limit switch maka valve akan membuka dalam beberapa detik. Proses tersebut berulang terus sampai susu pada tabung III habis. Dan proses berulang mulai dari awal.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil pengujian dan analisis sistem pengaturan level dan suhu pada prototipe alat pasteurisasi susu, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaturan level pada tabung I dan III dapat dikontrol dengan menggunakan sensor level, pengaturan level pada tabung II dapat dikontrol dengan menggunakan sensor level II sesuai dengan *set point*.
2. Pengaturan suhu pada prototipe alat pasteurisasi susu dapat dikontrol menggunakan *driver* pemanas dan alat pemanas dengan *set point* suhu 72 °C.

Dengan kondisi awal suhu 27 °C didapat:

- Waktu tunda (td) sebesar 110 detik.
 - Waktu mencapai mencapai *steady state* (ts) sebesar 220detik.
 - Kesalahan keadaan mantap ess (°C) suhu pasteurisasi adalah sebesar 0,6°C.
3. Rangkaian mikrokontroler AT89S52 dapat mengendalikan alat pasteurisasi susu.
 4. Rangkaian sensor suhu yang digunakan untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran elektrik mempunyai prosentase kesalahan pendektesian sebesar 0,39%.

6.2 Saran

Dalam perencanaan dan pembuatan alat ini masih terdapat banyak kekurangan dan kelemahan sistem. Beberapa hal yang dapat digunakan untuk menyempurnakan alat ini adalah :

1. Untuk alat pasteurisasi susu yang lebih besar disarankan menggunakan sistem pemanas dan pompa yang dayanya lebih besar.
2. Komponen yang digunakan sebaiknya mempunyai toleransi yang lebih kecil sehingga penyimpangan dapat diperkecil.
3. Menggunakan *software* yang dapat mengolah datanya lebih cepat.



DAFTAR PUSTAKA

Anonymous. 1992. *Data Sheet Book I, Data IC Linear, TTL, dan CMOS*. Terjemahan S. Wasito. Elex Medio Komputindo. Jakarta.

_____. 1998. *Pasteurization Basic*. Dairy Consultant. United Kingdom.

_____. 1999. *Pasteurization Process*. Dairy Science and Technology. University of Guelph. Canada.

_____. 1999. *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensor*. National Semiconductor.

Coughlin, R.F. 1992. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. Penerjemah Ir. Herman W. S. Erlangga. Jakarta.

Eko, Agfianto Putra. 2002. *Belajar Mikrokontroler AT89C51/52/55 (Teori dan Aplikasi)*. Gava Media. Yogyakarta.

Harten, P. Van, Setiawan. 1981. *Instalasi Listrik Arus Kuat 2*. Bandung.

Idris, S. 1992. *Pengantar Teknologi Pengolahan Susu*. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang.

Malvino, Albert Paul. 1996. *Prinsip-prinsip Elektronika*. Erlangga. Jakarta.

Ogata, Katsuhiko. 1991. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Erlangga. Jakarta.

Sutrisno. 1987. *Elektronika Teori dan Penerapannya*. ITB. Bandung.

Yan, Jun. 1994. *Using Fuzzy Logic*. Prentice Hall. New Jersey.

ALAT PASTEURISASI SUSU



Tampak Depan



Tampak Atas



Tampak Belakang

RANGKAIAN ELEKTRONIKA

