

**RANCANG BANGUN KOTAK FERMENTASI BIJI KAKAO BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MENINGKATKAN HASIL
FERMENTASI**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



RICO CHRISNANDA PRADITYA PUTRA
NIM. 115060305111001

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2015

LEMBAR PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN KOTAK FERMENTASI BIJI KAKAO BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MENINGKATKAN HASIL
FERMENTASI**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh:

RICO CHRISNANDA PRADITYA PUTRA

NIM. 115060305111001-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Akhmad Zainuri, ST, MT.
NIP. 19840120 201212 1003

Yusron Sugiarto, STP, MP, M. Sc.
NIP. 8410201 10 1 1 0160

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN KOTAK FERMENTASI BIJI KAKAO BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK MENINGKATKAN HASIL
FERMENTASI**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Disusun Oleh:

RICO CHRISNANDA PRADITYA PUTRA

NIM. 115060305111001-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada

Tanggal 30 Juni 2015

MAJELIS PENGUJI

Dr-Ing. Onny Setyawati, ST., MT., M.Sc

NIP. 19740417 200003 2 007

Ir. M. Julius St., MS

NIP. 19540720 198203 1 002

Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, ST., MT.

NIP. 19700329 200012 1 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D

NIP. 19741203 200012 1 001

PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas karunia dan pertolongan-Nya sehingga skripsi dengan judul “Rancang Bagun Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbasis Mikrokontroler untuk Meningkatkan Hasil Fermentasi” dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, di kesempatan yang baik ini penulis ingin menghaturkan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar besarnya atas bantuan sehingga terselesainya skripsi ini kepada:

- Kedua orang tua tercinta, Bapak Daud Hari Sumanto dan Mama Jois Kristianawati yang senantiasa memberikan doa, semangat, kasih sayang dan dorongan selama ini. Untuk adik Edo dan Niel yang selalu memberikan dukungan dan motivasi.
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Bapak Hadi Suyono, ST., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ibu Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku KKDK Teknik Elektronika.
- Bapak Akhmad Zainuri, ST, MT. sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi, kesabaran yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Bapak Yusron Sugiarto, STP, MP, M. Sc. sebagai Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, gagasan, ide, saran, motivasi kesabaran yang telah diberikan, serta waktu yang diluangkan untuk bimbingan.
- Bapak Mulyadi sebagai Pranata Laboratorium Laboratorium Elektronika Teknik Elektro Universitas Brawijaya atas izin penggunaan laboratorium elektronika yang sudah berkenan meminjamkan alat-alat di lab.
- Bapak Ibu Dosen, karyawan, staf recording dan RBTE atas segala bantuan dan kemudahan.

- Puji Dwi Lestari yang selalu memberikan motivasi, semangat, dorongan moral, mental bagi penulis.
- Teman-teman asisten laboratorium elektronika yang telah membantu memberikan saran dan solusi yang diberikan.
- Teman-teman Line Tracer Community yang mendorong dan memberikan semangat serta selalu memberikan fasilitas terbaik.
- Teman-Teman divisi mikrokontroler Iman, Wildan, Tito, Bima yang telah membantu dan berjuang bersama dalam membuat alat ini.
- Rekan-rekan seperjuangan dalam mengerjakan skripsi, Rizal Icil, Bayu RT, Nurdin, Ainun, Tegar, Bustanul, Yoke, Angga, Roqib, Tian, Jenglot, April, Naufal, Agung, Jaka, Swaraka dan teman-teman Inverter lain yang telah memberikan bantuan.

Sekiranya Tuhan YME membalas kebaikan semua pihak yang turut membantu sehingga skripsi ini terselesaikan. Penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharap kritik dan saran untuk penyempurnaan tulisan di masa yang akan datang. Penulis berharap, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 2015

Penulis





DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Proses fermentasi.....	4
2.2 Sensor Suhu LM35.....	7
2.3 Rangkaian Pengondisi Sinyal.....	9
2.4 Liquid Crystal Display (LCD).....	10
2.5 Motor Wiper	11
2.6 Relay.....	12
2.7 <i>Real Time Clock</i> DS 1307 (RTC).....	13
2.8 Mikrokontroler AVR.....	14
2.8.1 IC Mikrokontroler ATmega16.....	14
2.8.2 Memori AVR ATMEGA16	17
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	19
3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat	20
3.2.1 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	20
3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	21
3.3 Pengujian Alat	21
3.3.1 Pengujian Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	21
3.3.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	22

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	23
4.1 Perancangan Sistem.....	23
4.2 Perancangan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	24
4.2.1 Perancangan Kotak Fermentasi.....	24
4.2.2 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu LM35	25
4.2.3 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal	25
4.2.4 Perancangan Rangkaian LCD	28
4.2.5 Perancangan Rangkaian Relay	29
4.2.6 Perancangan Rangkaian <i>Real Time Clock</i> DS 1307 (RTC)	32
4.2.7 Perancangan Rangkaian Sistem Minimum ATmega16	33
4.3 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	35
4.3.1 Program Utama	35
4.3.1 Sub Program Baca Sensor Suhu LM35.....	36
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS.....	38
5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35	38
5.1.1 Tujuan	38
5.1.2 Alat yang Digunakan.....	38
5.1.3 Prosedur Pengujian.....	39
5.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis	39
5.2 Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal	41
5.2.1 Tujuan	41
5.2.2 Alat yang Digunakan.....	41
5.2.3 Prosedur Pengujian.....	41
5.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis	42
5.3 Pengujian rangkaian LCD	44
5.3.1 Tujuan	44
5.3.2 Alat yang Digunakan.....	44
5.3.3 Prosedur Pengujian.....	44
5.3.4 Hasil Pengujian dan Analisis	46
5.4 Pengujian Rangkaian Relay.....	46
5.4.1 Tujuan	46
5.4.2 Alat yang Digunakan.....	46
5.4.3 Prosedur Pengujian.....	46
5.4.4 Hasil Pengujian dan Analisis	47
5.5 Pengujian Rangkaian <i>Real Time Clock</i> DS 1307 (RTC).....	48

5.5.1	Tujuan	48
5.5.2	Alat yang Digunakan.....	48
5.5.3	Prosedur Pengujian.....	49
5.5.4	Hasil Pengujian dan Analisis	49
5.5	Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	50
5.5.1	Tujuan	50
5.5.2	Alat dan Bahan yang Digunakan.....	50
5.1.3	Prosedur Pengujian.....	50
5.1.4	Hasil Pengujian dan Analisis	51
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		55
6.1	Kesimpulan.....	55
6.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		56
LAMPIRAN.....		58



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fermentasi Dalam Tumpukan	5
Gambar 2.2 Peti Kayu dan Susunan Peti Fermentasi.....	5
Gambar 2.3 Keranjang Bambu Fermentasi.....	6
Gambar 2.4 Biji Kakao	6
Gambar 2.5 Sensor LM35	8
Gambar 2.6 Bentuk modul LCD 16x2 karakter.....	10
Gambar 2.7 Bentuk Motor Wiper –WD1160.....	12
Gambar 2.8 Bentuk Relay	12
Gambar 2.9 IC DS1307.....	13
Gambar 2.10 Konfigurasi pin ATmega16.....	16
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem	23
Gambar 4.2 Rancangan Kotak Fermentasi.....	24
Gambar 4.3Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	25
Gambar 4.4 Blok RPS	26
Gambar 4.5 Konfigurasi Pin LM358	26
Gambar 4.6Rangkaian Penguat Tak-membalik	27
Gambar 4.7 Rangkaian LCD 16x2.....	28
Gambar 4.8 Rangkaian Relay	29
Gambar 4.9 IC RTC DS 1307.....	33
Gambar 4.10 Rangkaian Minimum Sistem ATmega16.....	34
Gambar 4.11 Diagram Alir Program Utama.....	35
Gambar 4.12 Diagram Alir Baca Sensor LM35.....	36
Gambar 5.1 Blok Pengujian Sensor Suhu LM35	39
Gambar 5.2 Grafik Pengujian Sensor Suhu LM35	40
Gambar 5.3 Blok Pengujian Sensor Suhu LM35 Menggunakan Penguat	42
Gambar 5.4 Grafik Pengujian Sensor Suhu LM35 Menggunakan Penguat	43
Gambar 5.5 Blok Pengujian Sensor Suhu LM35	45
Gambar 5.6 Tampilan Pengujian Rangkaian LCD	46
Gambar 5.7 Rangkaian Pengujian Relay	47
Gambar 5.8 Modul <i>Real Time Clock</i> DS 1307	49

Gambar 5.9 Tampilan pengujian Rangkaian modul <i>Real Time Clock</i> DS 1307..	50
Gambar 5.10 Grafik Perubahan Kadar Lemak.....	52
Gambar 5.11 Grafik Perubahan Kandungan Antioksidan.....	53
Gambar 5.12 Grafik Perubahan Kadar Air Setelah Dikeringkan.....	54



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel deskripsi pin LCD 16X2	11
Tabel 2.2 Fungsi khusus Port B	17
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35	40
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35 Menggunakan Penguat Tak-membalik.....	43
Tabel 5.3 Pengujian Arus Basis Transistor	47
Tabel 5.4 Pengujian Arus <i>Coil</i> Relay.....	48
Tabel 5.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	51



RINGKASAN

Rico Chrisnanda Praditya Putra, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Januari 2015, *Rancang Bangun Kotak Fermentasi Biji Kakao Berbasis Mikrokontroler untuk Meningkatkan Hasil Fermentasi*, Dosen Pembimbing: Akhmad Zainuri, ST., MT dan Yusron Sugiarto, STP, MP, M. Sc.

Indonesia merupakan negara penghasil kakao terbesar ke-3 di dunia, namun kualitas biji kakao yang di ekspor oleh Indonesia masih sangat rendah (berada di kelas 3 dan 4). Hal ini disebabkan oleh, pengelolaan produk kakao yang masih tradisional (85% biji kakao produksi nasional tidak difermentasi). Proses fermentasi biji kakao merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas biji kakao. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dirancang sebuah alat fermentasi biji kakao sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas biji kakao dengan menggunakan sensor suhu LM35 dan RTC DS1307 serta relay sebagai saklar elektronik untuk menjalankan motor DC yang dikopel dengan pengaduk yang datanya akan ditampilkan pada LCD 16x2. Pengujian sensor tanpa penguatan memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 6,87% dan dengan penguat tak-membalik memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 2,71%. Fermentasi dilakukan selama lima hari dengan hasil meningkatnya kandungan lemak dan antioksidan serta menurunnya kadar air selama proses fermentasi. Alat ini juga diikutsertakan dalam Lomba Cipta Elektronika Nasional (LCEN) 2015 dan mendapatkan juara ketiga.

Kata kunci- fermentasi, kakao, LM35, RTC DS1307, Relay

SUMMARY

Rico Chrisnanda Praditya Putra, Electrical Engineering, Faculty of Engineering Universitas Brawijaya, Januari 2015, Engineering of Cocoa Beans Fermentation basis on Microcontroller to Increase Fermentation Result. Supervisors: Akhmad Zainuri, ST., MT and Yusron Sugiarto, STP, MP, M.Sc.

Indonesia is the 3rd largest cocoa producer in the world. However the quality of cocoa beans exported from Indonesia is still very low (in the 3rd and 4th levels). It is caused by the management of cocoa products which are still traditional (85% national production of cocoa beans is not fermented). Fermentation process of cocoa beans is one of the efforts to increase the quality of cocoa beans. Thus, this research designed cocoa beans fermentation tool as a method to increase the quality of cocoa beans by using temperature sensor LM35 and RTC DS1307 and relay as electric switch to operate DC motor which are connected with mixer. Moreover the data will be shown in LCD 16x2. Sensor testing without strengthen has deviation around 6,87% and it does not reverse have deviation around 2,71%. Fermentation was done for five days with the result of increasing the fat content and the antioxidant and declining water levels during the fermentation process. This tool is also included in the National Electronics Creation Competition (LCEN) in 2015 and got the third place.

Keywords: Fermentation, cocoa, LM35, RTC DS1307, Relay

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kakao merupakan salah satu komoditas ekspor yang dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan devisa negara. Indonesia merupakan negara penghasil kakao terbesar ke-3 dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Berdasarkan data ICCO (*International Cocoa Organization*) produksi kakao Pantai Gading sebanyak 1.276.000 ton, Ghana sebanyak 586.000 ton, dan Indonesia sebanyak 456.000 ton. Indonesia pada tahun 2014 menargetkan sebagai penghasil kakao curah terbesar di dunia (Departemen Perindustrian, 2007)

Kualitas biji kakao yang diekspor oleh Indonesia dikenal sangat rendah (berada di kelas 3 dan 4). Selama ini, biji kakao Indonesia merupakan batas standar mutu ekspor-impor biji kakao. Di Amerika Serikat, biji kakao Indonesia selalu mendapatkan penahanan (*automatic detention*) karena sering ditemukan jamur, kotoran, serangga dan benda-benda asing lainnya. Hal ini disebabkan oleh pengelolaan produk kakao yang masih tradisional (85% biji kakao produksi nasional tidak difermentasi) sehingga kualitas kakao Indonesia menjadi rendah. Kualitas rendah menyebabkan harga biji dan produk kakao Indonesia di pasar internasional dikenai diskon USD200/ton atau 10%-15% dari harga pasar. (Maswadi, 2011)

Proses fermentasi biji kakao merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas biji kakao yang selama ini dinilai masih rendah. Beberapa keuntungan yang diperoleh dari proses fermentasi adalah mengurangi rasa pahit dan sepat di dalam biji kakao, meningkatkan aroma kakao dan kacang (*nutty*), mencoklat-hitamkan warna biji, mengeraskan kulit biji, menghasilkan prekursor cita sara sehingga membentuk cita rasa coklat (Adiarti, 2013:1).

Masih banyak petani kakao di Indonesia yang belum melakukan proses ini, hanya sebagian petani saja yang melakukannya, itupun dengan cara yang masih tradisional dengan pemeram biji kakao di dalam keranjang atau kotak kayu yang ditutup dengan daun pisang selama 5-6 hari (Ilham F, 2012) Dengan proses

yang masih tradisional, tidak semua biji fermentasi yang dihasilkan memiliki kualitas yang memenuhi SNI dengan biji kakao fermentasi yang berkadar air hanya 7% dan jumlah biji maksimum 85/100 gram (SNI 01-2323-2002).

Oleh karena itu penulis ingin membuat sebuah alat fermentasi untuk meningkatkan hasil fermentasi biji kakao. Alat ini dilengkapi dengan sensor LM35 sebagai sensor suhu yang hasilnya akan di tampilkan pada LCD, sehingga petani dapat memonitor suhu pada saat proses fermentasi. Selain itu pada alat ini akan di lengkapi dengan motor DC yang digunakan untuk mengaduk tumpukan biji kakao sehingga petani tidak perlu mengaduk secara manual. Alat ini akan secara otomatis mengaduk biji kakao pada hari ketiga dan mengaduk lagi bila suhu pada kotak fermentasi di atas 50 °C sehingga semua biji dalam kotak terfermentasi dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang dan membuat sistem fermentasi biji kakao secara otomatis?
- 2) Bagaimana merancang dan membuat sistem elektronika yang menunjang sistem fermentasi biji kakao?
- 3) Bagaimana kinerja dari sistem fermentasi biji kakao secara otomatis?

1.3 Batasan Masalah

Dengan mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat akan diberikan batasan sebagai berikut:

- 1) Fermentasi dilakukan di dalam kotak fermentasi.
- 2) Fermentasi tidak menggunakan bahan kimia tambahan.
- 3) Biji kakao yang digunakan adalah kakao yang berasal dari jawa
- 4) Sistem bersifat *close loop*, memantau suhu dan waktu serta putaran motor DC.
- 5) Tidak memperhitungkan konsumsi energi dari sistem.

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat kotak fermentasi biji kakao yang nantinya dapat digunakan untuk meningkatkan hasil fermentasi sesuai SNI dan harga jual biji kakao yang lebih tinggi bagi para petani.

1.5 Sistematika Penulisan

Skripsi ini terdiri dari enam bab dengan sistematika pembahasan sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Membahas latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup, tujuan dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perancangan dan pembuatan alat, yang meliputi: teori dalam membuat kotak fermentasi, LM35, Rangkaian pengondisi sinyal, LCD, motor wiper, relay, RTC dan mikrokontroler Atmega 16

BAB III Metode Penulisan

Membahas metode penelitian dan perencanaan alat.

BAB IV Perancangan dan Pembuatan Alat

Membahas desain dan perancangan kotak fermentasi biji kakao dan sistem elektronika dari alat pengontrol suhu. Kemudian mengendalikan sistem dengan mikrokontroler agar dapat bekerja secara otomatis.

BAB V Pengujian dan Analisis

Membahas hasil pengujian sistem kotak fermentasi biji kakao untuk tiap-tiap blok secara keseluruhan dan membandingkan hasil biji kakao yang difermentasi dengan biji kakao tanpa fermentasi.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Membahas kesimpulan perancangan ini dan saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses fermentasi

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan anaerobik (tanpa oksigen) atau respirasi dalam lingkungan anaerobik tanpa akseptor elektron eksternal. Proses fermentasi pada biji kakao bertujuan untuk mengurangi rasa pahit dan sepat di dalam biji kakao, meningkatkan aroma kakao dan kacang (*nutty*), mencoklat-hitamkan warna biji, mengeraskan kulit biji, menghasilkan prekursor cita sara sehingga membentuk cita rasa coklat (Adiarti, 2013:1), dan menghasilkan biji yang tahan terhadap hama dan jamur. Ada beberapa teknik fermentasi pada biji kakao antara lain:

Fermentasi dalam tumpukan

Metode fermentasi dalam tumpukan dilakukan dengan cara menimbun atau menumpuk biji kakao segar di atas daun pisang hingga membentuk kerucut. Permukaan atas tumpukan biji ditutup dengan daun pisang atau karung goni atau penutup lainnya yang memungkinkan udara masuk. Penutupan berfungsi untuk mencegah pembuangan panas yang terlalu besar. Pada metode ini, dianjurkan untuk melakukan fermentasi selama 6 hari dengan pengadukan sebanyak dua kali. Keuntungan metode fermentasi dalam tumpukan adalah penggunaannya yang sederhana dan tidak membutuhkan wadah khusus sehingga mudah dilakukan oleh petani. Namun, karena dilakukan hanya di atas daun pisang, fermentasi harus dilakukan di tempat teduh dan terlindung dari hujan dan cahaya matahari langsung serta perlu dijaga dari kemungkinan biji menjadi kotor oleh tanah. (Purwanto, 2014)



Gambar 2.1 Fermentasi Dalam Tumpukan
Sumber: Purwanto, 2014

Fermentasi dengan kotak/peti fermentasi

- Biji kakao dimasukkan dalam kotak terbuat dari lembaran papan yang berukuran panjang 60 cm dengan tinggi 40 cm (kotak dapat menampung $\pm$ 100 kg biji kakao basah) setelah itu kotak ditutup dengan karung goni/daun pisang.
- Pada hari ke 3 (setelah 48 jam) dilakukan pembalikan agar fermentasi biji merata.
- Pada hari ke 6 biji-biji kakao dikeluarkan dari kotak fermentasi dan siap untuk dijemur.



Gambar 2.2 Peti Kayu dan Susunan Peti Fermentasi

Sumber: teknologi-pertanian.com,2014

Fermentasi menggunakan keranjang bambu

- Keranjang bambu terlebih dahulu dibersihkan dan dialasi dengan daun pisang baru kemudian biji kakao dimasukkan (keranjang dapat menampung ± 50 kg biji kakao basah)
- Setelah biji kakao dimasukkan keranjang ditutup dengan daun pisang.
- Pada hari ke 3 dilakukan pembalikan biji dan pada hari ke 6 biji-biji dikeluarkan untuk siap dijemur.



Gambar 2.3 Keranjang Bambu Fermentasi

Sumber: *Cocoa Processing Methods for the Production of High Quality Cocoa in Vietnam*, 2014:5



Gambar 2.4 Biji Kakao

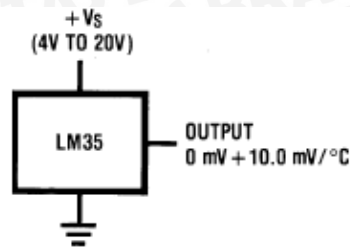
Sumber: Purwanto, 2014

Biji yang tidak terfermentasi ditandai dengan ciri-ciri bertekstur pejal, berwarna slatty (keabu-abuan), tidak memiliki rasa khas cokelat yang didominasi rasa sepat dan pahit. Biji semacam ini hanya dapat dikelompokkan menjadi mutu terendah, yaitu mutu 3 menurut SNI Biji Kakao (SNI 01-2323-2002). Biji Kakao

yang kurang fermentasi ditandai dengan ciri-ciri berwarna ungu, bertekstur pejal, didominasi oleh rasa pahit dan sepat, serta sedikit cita rasa coklat. Biji kakao yang difermentasi dengan baik akan bertekstur agak remah atau mudah pecah, warna keping biji coklat sampai coklat dengan sedikit warna ungu, cita rasa pahit dan sepat tidak dominan, dan tentunya berkualitas baik. Sedangkan biji kakao yang kelebihan fermentasi akan sangat mudah pecah, berwarna keping coklat sampai coklat tua, kurang memiliki rasa pahit dan sepat, cita rasa coklat kurang (apek; *hammy*; dan *mouldy*), serta serat permukaan bijinya banyak ditumbuhi jamur. (Purwanto, 2014) Beberapa tanda yang dapat digunakan untuk menentukan bahwa fermentasi telah selesai adalah: Biji tampak agak kering (lembap), berwarna coklat dan berbau asam cuka; lendir mudah dilepaskan; dan bila dipotong melintang, penampang biji tampak seperti cincin berwarna coklat.

2.2 Sensor Suhu LM35

LM35 adalah sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk *Integrated Circuit* (IC), tegangan LM35 sangat linear terhadap perubahan suhu. Sensor ini berfungsi sebagai pengubah besaran fisis suhu ke besaran tegangan yang memiliki koefisien sebesar $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ yang berarti setiap kenaikan suhu 1°C maka akan terjadi kenaikan tegangan sebesar 10mV . IC LM35 ini tidak memerlukan pengkalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai lebih kurang seperempat derajat celcius pada temperatur ruang. Sensor ini digunakan karena memiliki jangkauan mulai dari -55°C sampai 150°C , penggunaan IC LM35 sangatlah mudah. IC LM35 dapat dialiri arus $60\mu\text{A}$ dari sumber daya sehingga panas yang ditimbulkan sendiri sangat rendah yaitu kurang dari 0°C di dalam suhu ruang. IC LM35 ini difungsikan sebagai sensor suhu, ditunjukkan dalam Gambar 6.6



Gambar 2.5 Sensor LM35

Sumber: Texas Instrument, 2000;2

V_{out} LM35 ini dihubungkan dengan ADC (Analog to Digital Converter). Dalam suhu kamar (25°C) transduser ini mengeluarkan tegangan 250mV dan 1,5V pada suhu 150°C dengan kenaikan sebesar $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.

Selain itu IC LM35 memiliki keistimewaan sebagai berikut:

- Kalibrasi sudah dalam derajat celcius
- Linearitas $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
- Akurasi $0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu ruang
- Range $+2^{\circ}\text{C} - 150^{\circ}\text{C}$
- Diopresasikan dengan catu daya 4V-30V
- Arus yang mengalir kurang dari $30\mu\text{A}$

Secara umum rumus perbandingan besarnya tegangan yang dihasilkan dengan suhu ruang yang terdeteksi oleh sensor adalah sebagai berikut:

$$\text{Suhu} = \frac{V}{10} \quad (2-1)$$

Keterangan:

Suhu = suhu yang terdeteksi oleh sensor LM35 ($^{\circ}\text{C}$)

V = besar tegangan yang dihasilkan (mV)

Agar mikrokontroler mampu membaca suhu yang diterima oleh LM35 dengan tepat, maka besarnya suhu yang diterima oleh LM35 harus dikonversikan terlebih dahulu menggunakan persamaan berikut:

$$\text{ADC} = \left(\frac{V_{\text{terukur}}}{V_{\text{reff}}} \right) \times 255 \quad (2-2)$$

Keterangan:

ADC = nilai ADC yang terbaca mikrokontroler

V_{terukur} = tegangan yang dikeluarkan oleh LM35

V_{reff} = tegangan *full scale* dimana sensor dalam keadaan suhu maksimal setelah ditemukan nilai ADC dengan rumus diatas, maka hasil suhu dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$\text{Suhu} = \left(\frac{\text{ADC}}{255} \right) \times T_{\text{max}} \quad (2-3)$$

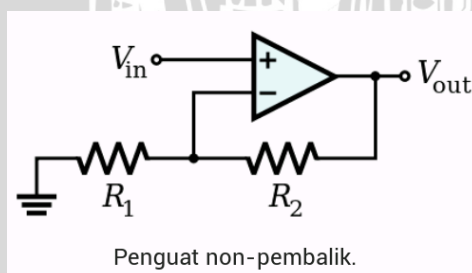
Keterangan:

T_{max} = suhu pembacaan maksimal sensor

ADC = nilai ADC yang terbaca mikrokontroler

2.3 Rangkaian Pengondisi Sinyal

Rangkaian pengondisi sinyal menggunakan penguat tak-membalik (*Non-Inverting Amplifier*). Penguat tak-membalik (*Non-Inverting Amplifier*) adalah penguat sinyal yang memiliki karakteristik dasar sinyal *output* yang dikuatkan sefasa dengan sinyal *input*. Penguat ini dapat dibangun dari penguat oprasional (op-amp), rangkaian ini dapat digunakan untuk memperkuat sinyal AC maupun DC dengan keluaran yang tetap sefasa dengan sinyal masukannya. Rangkaian penguat tak-membalik memiliki impedasi masukan yang sangat tinggi sekitar 100Mohm. Gambar rangkaian penguat tak-membalik ditunjukkan dalam Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Rangkaian Penguat Tak-membalik

Besarnya penguatan tegangan keluaran dari rangkaian penguat tak-membalik memiliki persamaan matematis sebagai berikut.

$$V_{\text{in}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{\text{out}}$$

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$

$$A_V = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

$$A_V = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) + 1 \quad (2-4)$$

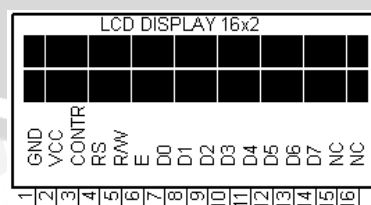
Dengan A_V adalah penguatan, oleh karena itu kita dapat merancang sendiri rangkaian penguat dengan penguatan yang kita inginkan.

2.4 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) merupakan modul elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter angka, huruf atau simbol sehingga dapat dilihat secara visual pada sebuah panel. LCD ini menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Pada LCD berwarna semacam monitor terdapat banyak sekali titik cahaya (*pixel*) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai sebuah titik cahaya. Walaupun disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair.

Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring

Pada perancangan sistem ini menggunakan LCD modul 16x2 karakter. Bentuk fisik LCD modul ditunjukkan dalam Gambar 2.7



Gambar 2.7 Bentuk modul LCD 16x2 karakter

Sumber: Xiamen Amotec Display Co.,LTD, 2008

LCD modul 16X2 karakter menggunakan sumber tegangan DC 5 V serta dilengkapi dengan tingkat kontras yang cukup tinggi dan dapat diatur dengan memberikan variasi tegangan mulai dari 0-5 V. Tabel deskripsi pin LCD 16X2 ditunjukkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel deskripsi pin LCD 16X2

No	Nama Pin	Deskripsi
1	VCC	5V
2	GND	0V
3	VEE	Tegangan kontras LCD
4	RS	Register Select
5	R/W	1=Read, 0=Write
6	E	Enable Clock LCD
7	D0	Data Bus 0
8	D1	Data Bus 1
9	D2	Data Bus 2
10	D3	Data Bus 3
11	D4	Data Bus 4
12	D5	Data Bus 5
13	D6	Data Bus 6
14	D7	Data Bus 7
15	Anoda	Tegangan Positif Backlight
16	Katoda	Tegangan Negatif Backlight

Sumber: *Datasheet* LCD 16x4

2.5 Motor Wiper

Motor wiper adalah motor yang banyak digunakan untuk menggerakkan *wiper* untuk membersihkan air pada kaca mobil. Motor ini digerakan oleh arus yang dialiri oleh baterai menuju sekering dan ke saklar dan menuju ke motor wiper tersebut sehingga motor wiper dapat bergerak dengan semestinya. Bentuk fisik dari motor wiper ditunjukkan dalam gambar 2.8.



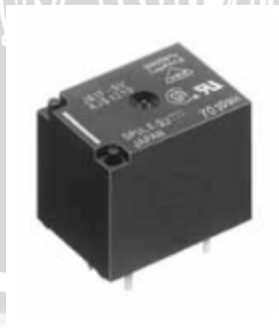
Gambar 2.8 Bentuk Motor Wiper –WD1160

Sumber: *Datasheet Wiper Motor-1160/1160-B*

Motor ini dapat di catu dengan sumber tegangan DC 12V dan 24V dan memiliki keseimbangan rotor yang dinamis. Motor ini juga sudah dilengkapi oleh *gearbox* sehingga memiliki torsi yang lumayan.

2.6 Relay

Relay adalah suatu komponen elektronika yang berupa saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Prinsip kerja relay seperti tuas saklar dengan lilitan kawat pada batang besi (solenoid) di dekatnya. Ketika solenoid dialiri arus listrik, tuas akan tertarik karena adanya gaya magnet yang terjadi pada solenoid sehingga kontak saklar akan menutup. Pada saat arus dihentikan, gaya magnet akan hilang, tuas akan kembali ke posisi semula dan kontak saklar kembali terbuka. Bentuk fisik relay ditunjukkan dalam gambar 2.9.



Gambar 2.9 Bentuk Relay

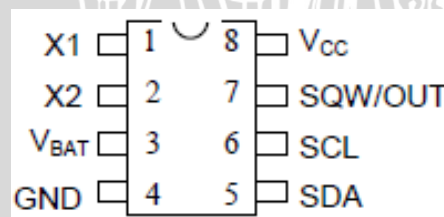
Sumber: *Datasheet JS Relay*

Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang di-paralel dengan lilitannya dan dipasang terbaik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat relay berganti posisi dari on ke off agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

2.7 Real Time Clock DS 1307 (RTC)

Real Time Clock merupakan suatu chip (IC) yang memiliki fungsi sebagai penyimpan waktu dan tanggal. DS 1307 merupakan real-time clock (RTC) menggunakan jalur data parallel yang dapat menyimpan data-data detik, menit, jam, tanggal, bulan, hari dalam seminggu, dan tahun valid hingga 2100. Secara otomatis bulan dan tanggal akan disesuaikan untuk bulan yang kurang dari 31 hari termasuk untuk tahun yang akan datang. Operasi jam baik 24 jam atau 12 jam dengan format indikator AM/PM. DS1307 memiliki *built-in powersense circuit* dapat mendeteksi kegagalan daya (power failure), dan secara otomatis berpindah ke suplai cadangan yang berupa baterai eksternal 3volt.

DS1307 memiliki antarmuka *serial two-wire I²C (Inter Integrated Circuit)*. Beberapa keistimewaan dari RTC DS1307 adalah sinyal keluaran yang berupa gelombang kotak terprogram (*Programmable squarwave*), deteksi otomatis kegagalan daya (*power-fail*), konsumsi daya yang kurang dari 500nA menggunakan mode baterai cadangan. Berikut adalah gambar dari RTC DS1307.



Gambar 2.10 IC DS1307

Sumber: Datasheet DS1307 Dallas Semiconductor

Penjelasan dari masing-masing kaki DS1307 adalah sebagai berikut:

- X₁ dan X₂ adalah pin yang dihubungkan dengan kristal 32.768 KHz.

- VBAT adalah pin yang dihubungkan dengan masukan baterai +3V.
- GND adalah pin yang dihubungkan *Ground*.
- SDA adalah pin yang difungsikan sebagai jalur data.
- SCL adalah pin yang berfungsi sebagai jalur *clock*.
- SQW/OUT adalah pin yang digunakan sebagai keluaran sinyal kotak.
- VCC adalah pin untuk mencatu tegangan 5V.

2.8 Mikrokontroler AVR

AVR adalah salah satu jenis mikrokontroler yang dibuat oleh Atmel Corp. AVR ini berupa chip atau IC (*Integrated Circuit*) yang dapat diprogram karena di dalamnya berisi mikroprosesor, memori dan modul-modul I/O layaknya sebuah komputer. Meskipun AVR serupa dengan komputer, terdapat perbedaan mendasar antara keduanya. komputer dirancang untuk dapat menjalankan bermacam-macam program sebaliknya, AVR dirancang hanya untuk menjalankan satu buah program saja. Program yang dimasukkan ke dalam AVR digunakan untuk mengatur atau mengendalikan suatu alat. Contohnya mengendalikan suatu robot agar dapat berjalan sesuai yang diinginkan, menstabilkan suhu ruang dan lain sebagainya.. Perancangan ini menggunakan jenis mikrokontroler AVR yaitu mikrokontroler ATmega16.

2.8.1 IC Mikrokontroler ATmega16

Salah satu IC mikrokontroler yang banyak digunakan adalah ATmega16 dari keluarga AVR. AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register *general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan *mode compare*, *interrupt internal* dan *eksternal*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan *mode power saving*, ADC dan PWM *internal*. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI (Atmel Corporation, 2003:4).

ATmega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat *designer* sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya *versus* kecepatan proses

(Atmel Corporation, 2003:3). Beberapa keistimewaan dari AVR ATmega16 antara lain:

1. mikrokontroler AVR 8 bit yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
2. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16 MHz.
3. Memiliki kapasitas *flash* memori 32 Kbyte, EEPROM 1024 Byte dan SRAM 2Kbyte.
4. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *port A*, *port B*, *port C*, dan *port D*.
5. CPU yang terdiri dari 32 buah *register*
6. Unit interupsi *internal* dan *external*.
7. *Port* USART untuk komunikasi serial
8. Fitur *peripheral*
 - a. Tiga buah *Timer/Counter* dengan kemampuan pembandingan.
 - a) 2 (dua) buah *Timer/Counter* 8 bit dengan *prescaler* terpisah dan *Mode Compare*
 - b) 1 (satu) buah *Timer/Counter* 16 bit dengan *prescaler* terpisah, *Mode Compare*, dan *Mode Capture*
 - b. *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri
 - c. 4 *channel* PWM
 - d. 8 *channel*, 10-bit ADC
 - a) 8 *Single-ended Channel*
 - b) 7 *Differential Channel* hanya pada kemasan TQFP
 - c) 2 *Differential Channel* dengan *programmable Gain* 1x, 10x, atau 200x
 - e. *Byte-Oriented Two-wire Serial Interface*
 - f. *Programmable* serial USART
 - g. Antarmuka SPI
 - h. *Watchdog Timer* dengan *oscillator internal*
 - i. *On-chip Analog Comparator*

(Atmel Corporation, 2003:1)

ATmega16 memerlukan sistem minimum agar dapat digunakan sebagai mana mestinya. Ada 3 bagian penting dalam sistem minimum ATmega16, yaitu:

1. *Catu Daya*

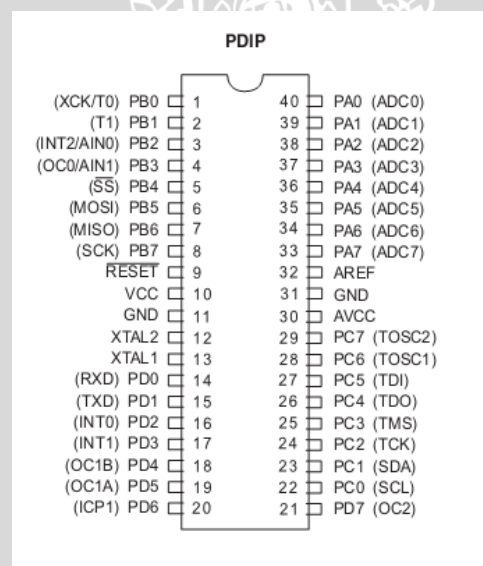
Catu daya adalah sumber tegangan yang dibutuhkan sistem minimum. Catu daya yang dibutuhkan oleh sistem minimum ini sebesar 4,5 - 5V.

2. *Clock/Crystal*

Clock/Crystal merupakan hal yang sangat penting dalam rangkaian sistem minimum karena bagian ini yang berfungsi memberikan *clock* untuk berjalannya transfer data.

3. *Reset*

Rangkaian *reset* berfungsi sebagai *interrupt* untuk *set* ke program awal. Ketika pin ini diaktifkan maka program akan berjalan lagi dimulai dari awal.



Gambar 2.11 Konfigurasi pin ATmega16

Sumber: Atmel Cooperation

4. *Port A* (PA0...PA7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin masukan ADC.

5. *Port B* (PB0...PB7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus, seperti dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Fungsi khusus Port B

<i>Pin</i>	<i>Fungsi Khusus</i>
PB7	SCK (<i>SPI Bus Serial Clock</i>)
PB6	MISO (<i>SPI Bus Master Input/Slave Output</i>)
PB5	MOSI (<i>SPI Bus Master Output/Slave Input</i>)
PB4	$\overline{SS}$ (<i>SPI Slave Select Input</i>)
PB3	AIN1 (<i>Analaog Comparator Negative Input</i>) OC0 (<i>Timer/Counter0 Output Compare Match Output</i>)
PB2	AIN0 (<i>Analog Comparator Positive Input</i>) INT2 (<i>External Interrupt 2 Input</i>)
PB1	T1 (<i>Timer/Counter1 External Counter Input</i>)
PB0	T0 T1 (<i>Timer/Counter0External Counter Input</i>) XCX (<i>USART External Clock Input/Output</i>)

Sumber: Atmel Cooperation

6. AVCC merupakan pin masukan tegangan ADC.

7. AREF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

2.8.2 Memori AVR ATMEGA16

Memori atmega terbagi menjadi tiga yaitu :

a) Memori flash

Memori flash adalah memori ROM tempat kode-kode program. flash menunjukan jenis ROM yang dapat ditulis dan dihapus secara elektrik. Memori flash terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian aplikasi dan bagian *boot*. Bagian aplikasi adalah bagian kode-kode program apikasi berada. Bagian *boot* adalah bagian yang digunakan khusus untuk *booting* awal yang dapat diprogram untuk menulis bagian aplikasi tanpa melalui, misalnya melalui USART.

b) Memori data

Memori data adalah memori RAM yang digunakan untuk keperluan program. Memori data terbagi menjadi empat bagian yaitu : GPR (*General Purphose Register*) adalah register khusus yang bertugas untuk membantu eksekusi

program oleh ALU (*Arithmatic Logic Unit*), dalam instruksi *assembler* setiap instruksi harus melibatkan GPR. Dalam bahasa C biasanya digunakan untuk variabel global atau nilai balik fungsi dan nilai- nilai yang dapat memperingan kerja ALU. Dalam istilah processor komputer sehari-hari GPR dikenal sebagai “*cache memory*”. I/O register dan Additional I/O register adalah *register* yang difungsikan khusus untuk mengendalikan berbagai *pheripheral* dalam mikrokontroler seperti *pin port*, *timer/counter*, *usart* dan lain-lain. Register ini dalam keluarga mikrokontroller MCS51 dikenal sebagai SFR(*Special Function Register*).

c) EEPROM

EEPROM adalah memori data yang dapat mengendap ketika chip mati (*off*), digunakan untuk keperluan penyimpanan data yang tahan terhadap gangguan catu daya.



BAB III

METODE PENELITIAN

Penyusunan proposal ini didasarkan dalam masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perencanaan dan perealisasi alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu dalam rumusan masalah. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

3.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Penentuan spesifikasi alat ini bertujuan agar dapat membuat sistem sesuai yang diinginkan dan dapat bekerja dengan efektif serta efisien. Alat yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- 1) Kotak fermentasi adalah kotak yang terbuat dari kayu dan dapat menahan panas.
- 2) Sensor LM35 mampu mendeteksi suhu sesuai dengan suhu lingkungan sekitarnya.
- 3) Rangkaian pengondisi sinyal mampu menguatkan sinyal dari sensor LM35
- 4) LCD yang digunakan adalah LCD character 16 x 2 dan mampu menampilkan nilai dari suhu yang berasal dari sensor.
- 5) Motor Wiper yang digunakan adalah yang dapat dicatu dengan tegangan 12-24V DC dan mampu memutar pengaduk di dalam kotak kayu.
- 6) Relay yang digunakan mampu aktif bila dicatu 5V DC dan mampu mengalirkan arus sebesar 10A-12V DC untuk memicu motor.
- 7) *Real Time Clock* DS 1307 (RTC) mampu menyimpan waktu selama proses fermentasi berlangsung.
- 8) Mikrokontroller ATmega16 digunakan sebagai pengatur kerja sensor, pengatur motor wiper dan tampilan pada LCD 16X2

3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat

Dalam perancangan dan pembuatan alat pada penelitian ini membahas perencanaan *hardware* dan perencanaan *software*.

3.2.1 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perencanaan perangkat keras meliputi perencanaan kotak fermentasi, rangkaian sensor LM35, rangkaian LCD, rangkaian motor wiper, rangkaian relay, rangkaian pengondisi sinyal, RTC, dan rangkaian sistem minimum ATmega16.

3.2.1.1 Kotak Fermentasi

Kotak fermentasi yang dirancang adalah kotak fermentasi yang terbuat dari kayu yang dapat menahan panas yang di timbulkan selama fermentasi berlangsung.

3.2.1.2 Rangkaian Sensor Suhu LM35

Rangkaian sensor LM35 dirancang agar dapat membaca suhu baik dan benar.

3.2.1.3 Rangkaian Pengondisi Sinyal

Rangkaian pengondisi sinyal dirancang agar tegangan dari keluaran sensor LM35 dapat dikuatkan dan keluaran penguat akan dihubungkan ke masukan mikrokontroler.

3.2.1.4 Rangkaian LCD

Rangkaian LCD dibuat agar LCD yang digunakan dapat menampilkan karakter yang diinginkan. Tampilan pada LCD merupakan nilai dari suhu dan waktu selama sistem berlangsung.

3.2.1.5 Rangkaian Relay

Rangkaian relay digunakan sebagai pemicu dari mikrokontroler ke motor wiper agar motor dapat bergerak.

3.2.1.6 Real Time Clock DS 1307 (RTC)

Rangkaian RTC dirancang agar mikrokontroler dapat membaca output dari RTC serta dapat menyimpan waktu dan tanggal selama proses fermentasi berlangsung.

3.2.1.7 Rangkaian Sistem Minimum ATmega16

Rangkaian Sistem Minimum ATmega16 merupakan rangkaian sistem minimum agar mikrokontroler dapat berfungsi sesuai yang diharapkan. ATmega16 akan menerima masukan dari sensor LM35 dan akan mengeluarkan data sesuai yang diinginkan *user* yaitu ke arah LCD, serta mengontrol relay sebagai saklar elektronik untuk mengaktifkan motor.

3.2.2 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perencanaan dan pembuatan perangkat lunak digunakan untuk mengendalikan dan mengatur kerja alat sesuai yang diharapkan. *Design* dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan pada mikrokontroler ATmega16 dengan menggunakan bahasa C dan *compiler CodeVision AVR*. Perancangan perangkat lunak diawali dengan pembuatan diagram alir sistem untuk akuisisi data dari sensor, pengolahan data, dan pengendalian sistem secara keseluruhan setelah itu pembuatan dan penulisan program.

3.3 Pengujian Alat

Untuk menganalisis kinerja alat apakah sesuai dengan yang direncanakan maka dilakukan pengujian sistem. Pengujian ini dilakukan pada masing-masing blok dalam perancangan *hardware* serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui *software* dapat bekerja dengan baik atau tidak.

3.3.1 Pengujian Perangkat Keras (Hardware)

Untuk pengujian perangkat keras, pengujian dilakukan dalam masing-masing bagian sesuai diagram blok rangkaian alat. Pengujian ini bertujuan untuk menguji apakah tiap-tiap blok sistem telah sesuai dengan seluruh sistem yang direncanakan. Pengujian yang dilakukan meliputi:

3.3.1.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35

Pengujian sensor suhu LM35 dilakukan untuk mengetahui apakah sensor dapat mendeteksi panas lingkungan sekitar. Pengujian dilakukan dengan membandingkan data suhu dari sensor dengan termometer air raksa.

3.3.1.2 Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal

Pengujian rangkaian pengondisi sinyal dilakukan dengan menggabungkannya dengan sensor LM35 dan keluarannya diukur dengan voltmeter

3.3.1.3 Pengujian Rangkaian LCD

Pengujian dilakukan dengan cara memberi karakter yang berbeda-beda melalui *software* yang dibuat. Jika LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang diberikan maka rangkaian ini berfungsi dengan baik.

3.3.1.4 Pengujian Rangkaian Relay

Pengujian rangkaian relay dilakukan dengan cara dicatu melalui *pin out* dari mikrokontroler untuk mengetahui apakah relay dapat aktif atau tidak.

3.3.1.5 Pengujian Rangkaian *Real Time Clock* DS 1307 (RTC)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui waktu yang ditunjukkan sesuai dengan waktu *real* yang diinginkan.

3.3.2 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan menyambungkan blok perangkat keras dan mengoperasikan sistem kemudian dapat dianalisis apakah alat ini bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setelah perangkat keras telah beroperasi seperti yang diharapkan, perangkat lunak yang telah dibuat diujikan bersama perangkat kerasnya. Sistem dikatakan berhasil jika perangkat keras dan perangkat lunak yang ada telah tersinergi dan bekerja sebagai sebuah sistem yang sesuai dengan spesifikasi rancangan.

BAB IV

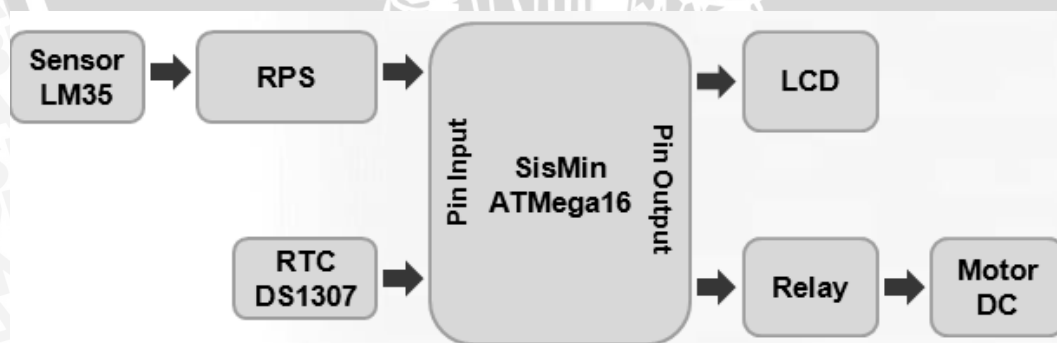
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan kotak fermentasi biji kakao berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan hasil fermentasi dilakukan secara bertahap sehingga memudahkan dalam analisis setiap bloknya maupun secara keseluruhan. Perancangan ini terdiri atas:

1. Perancangan sistem
2. Perancangan perangkat keras (kotak kayu fermentasi, rangkaian sensor suhu LM35, rangkaian LCD, rangkaian motor wiper, rangkaian relay sebagai saklar elektrik, rangkaian pengondisi sinyal, rangkaian RTC DS 1307 dan sistem minimum mikrokontroler).
3. Perancangan perangkat lunak (*software*) yang terdiri atas program utama, subprogram sensor suhu LM35, subprogram RTC DS 1307. subprogram untuk mengaktifkan relay.

4.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem rancang bangun kotak fermentasi biji kakao berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan hasil fermentasi ditunjukkan oleh diagram blok pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Dalam Gambar 4.1, terdapat sensor suhu LM35 yang berfungsi sebagai indikator suhu yang berada di dalam kotak kayu selama proses fermentasi. Kemudian data dari sensor akan masuk ke mikrokontroler, lalu diolah dan ditampilkan pada LCD. RTC akan mulai menghitung waktu selama proses fermentasi, pada hari ketiga mikrokontroler akan mengaktifkan relay yang kemudian akan memicu motor untuk bergerak memutar adukan yang berada di dalam kotak. Motor akan berputar kembali jika pada hari selanjutnya suhu di dalam kotak $>50^{\circ}\text{C}$. Setelah 5 hari sistem akan berakhir, ditandai dengan menurunnya suhu pada kotak fermentasi.

4.2 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

4.2.1 Perancangan Kotak Fermentasi

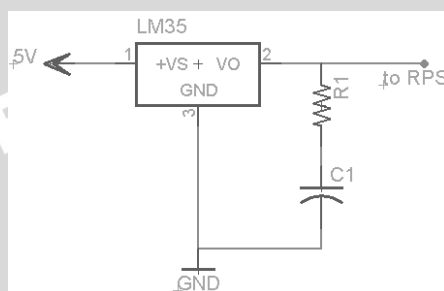
Kotak fermentasi yang akan digunakan adalah kotak yang terbuat dari kayu yang tebalnya lebih 1,5cm agar panas yang ditimbulkan dari proses fermentasi tidak terbang keluar dengan tinggi kotak 30 cm, panjang 30 cm dan lebar 25 cm. Kotak fermentasi juga diberi lubang-lubang aerasi dengan jarak 10 cm antar lubang agar pada saat fermentasi terjadi sirkulasi udara yang baik, selain itu lubang berguna untuk membuang cairan hasil fermentasi. Kotak ini juga akan dilengkapi dengan pengaduk yang terbuat dari kayu yang akan dikopel dengan motor. Gambar rancangan kotak fermentasi terdapat dalam gambar 4.2



Gambar 4.2 Rancangan Kotak Fermentasi

4.2.2 Perancangan Rangkaian Sensor Suhu LM35

Keluaran dari sensor suhu LM35 akan langsung dihubungkan ke rangkaian pengondisi sinyal. Karena sensor suhu LM35 akan menggunakan beban kapasitif berupa kabel sebagai penghubungnya maka sensor suhu LM35 harus dihubungkan terlebih dahulu dengan resistor dan kapasitor yang dirangkai menjadi rangkaian *R-C Damper*, hal ini sesuai dengan spesifikasi yang tertera dalam *datasheet*. Gambar perancangan ditunjukkan dalam gambar 4.3



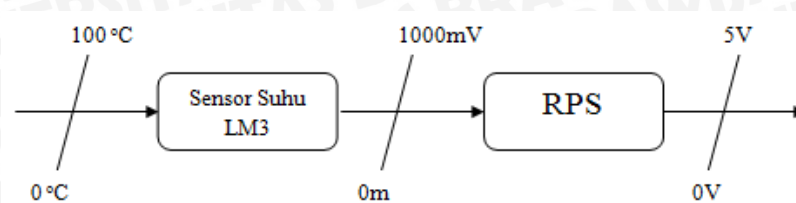
Gambar 4.3 Rangkaian Sensor Suhu LM35

LM35 memiliki kemampuan yang terbatas untuk menahan beban kapasitif yang besar. LM35 dengan sendirinya hanya mampu menahan beban sebesar 50 pF tanpa adanya pencegahan secara khusus. Oleh karena itu dibutuhkan rangkaian *R-C damper* untuk mengisolasi atau memisahkan beban dengan resistor atau dapat dengan meningkatkan toleransi kapasitansi dari *output* ke *ground*. Namun, seperti kebanyakan rangkaian linear lainnya kinerjanya juga dapat dipengaruhi oleh *noise* seperti lingkungan sekitar yang tidak bersahabat, kabel, relay, dll.

Keluaran dari rangkaian sensor suhu LM35 ini akan langsung dihubungkan ke rangkaian pengondisi sinyal. sensor suhu LM35 memiliki sensitivitas 10 mV/°C dengan range suhu +2°C sampai +150°C

4.2.3 Perancangan Rangkaian Pengondisi Sinyal

Dalam merancang rangkaian pengondisi sinyal terlebih dahulu dibuat blok perancangan rangkaian pengondisi sinyal untuk memudahkan perhitungan. Blok perancangan rangkaian pengondisi sinyal ditunjukkan dalam Gambar 4.4.

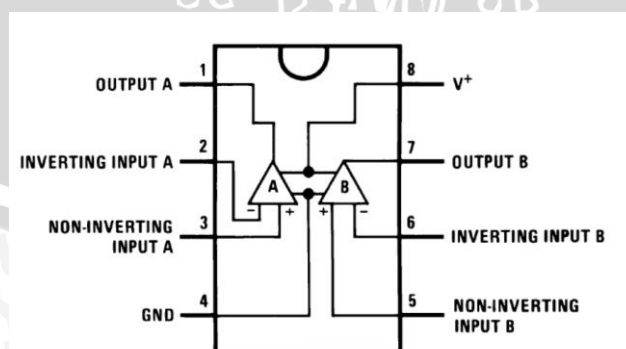


Gambar 4.4 Blok RPS

Dalam blok perancangan diinginkan keluaran dari sensor suhu LM35 yang memiliki orde milivolt akan dikuatkan sehingga memiliki orde volt. Dalam perancangan ini menggunakan penguat tak-membalik agar sinyal yang dikeluarkan sama dengan sinyal aslinya.

Rangkaian penguat tak-membalik digunakan untuk menguatkan tegangan keluaran dari sensor suhu LM35. Rangkaian penguat tak membalik merupakan penguat sinyal dengan karakteristik dasar sinyal keluaran yang dikuatkan sefasa atau memiliki fasa yang sama dengan sinyal masukannya. Penguat tak-membalik dibangun dari penguat operasional (op-amp), karena op-amp didesain untuk penguat sinyal baik membalik ataupun tak-membalik.

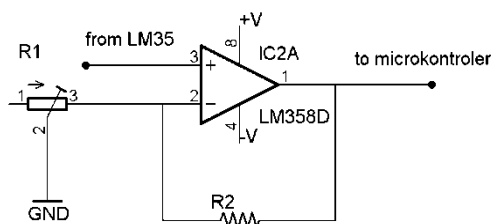
Rangkaian penguat tak-membalik dapat digunakan untuk memperkuat sinyal AC maupun DC. Impedansi masukan dari rangkaian penguat tak-membalik (non-inverting amplifier) berharga sangat tinggi dengan nilai impedansi sekitar 100 MOhm. IC LM358 digunakan sebagai IC penguat dikarenakan dapat bekerja dengan daya rendah (*low power amplifier*) dan relative murah dengan spesifikasi yang baik. Konfigurasi pin LM358 ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Konfigurasi Pin LM358

Sumber: Texas Instrument, 2013:12

Gambar rangkaian penguat tak-membalik ditunjukkan dalam Gambar 4.6



Gambar 4.6 Rangkaian Penguat Tak-membalik

Karena op-amp memiliki sifat ideal yaitu besarnya impedansi yang tak berhingga maka tidak ada arus yang masuk melalui kedua terminal masukan tetapi semua arus akan melewati R_1 dan R_2 , seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.6. Sehingga penguatan dari penguat tak-membalik dapat ditulis dengan persamaan.

$$V_{in} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times V_{out} \quad (4-1)$$

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (4-2)$$

$$A_V = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \quad (4-3)$$

$$A_V = \frac{R_2}{R_1} + 1 \quad (4-4)$$

Dalam perancangan penguat tak-membalik untuk rangkain sensor suhu LM35 terlebih dahulu harus disesuaikan dengan suhu yang diinginkan. Karena orde dari keluaran LM35 adalah milivolt maka di butuhkan *gain*.

Dari perancangan ditetapkan bahwa gain sebesar 5, kemudian sesuai dengan persamaan (4-4) maka R_1 dapat dihitung jika ditetapkan besar $R_2 = 1000 \Omega$.

$$5 = \left(\frac{1000\Omega}{R_1} + 1 \right)$$

$$5R_1 = 1000 + R_1$$

$$R_1 = 250\Omega$$

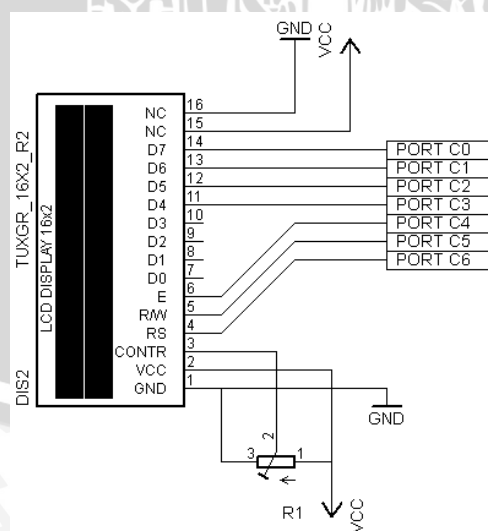
Jadi didapatkan besar R_1 adalah 250Ω .

4.2.4 Perancangan Rangkaian LCD

Pada perancangan rangkaian ini menggunakan LCD *character* 16x2 yang merupakan LCD dot matriks dengan penggunaan daya yang kecil. Modul LCD ini dilengkapi dengan tingkat kontras yang tinggi dan dapat diatur kecerahannya. Spesifikasi LCD sebagai berikut:

1. Memiliki 16 karakter dengan 2 baris tampilan yang terdiri atas 5x7 dot matriks ditambah dengan kursor.
2. Catu daya yang dibutuhkan sebesar 5V.
3. *Automatic reset* saat dinyalakan.
4. 80x8 *display* RAM (maksimal 80 karakter).
5. Menggunakan 4 bit data dan 3 bit kontrol.
6. *Adjustable contrast* dan *backlight*.

Skema rangkaian LCD dengan mikrokontroler ditunjukkan dalam Gambar 4.7.

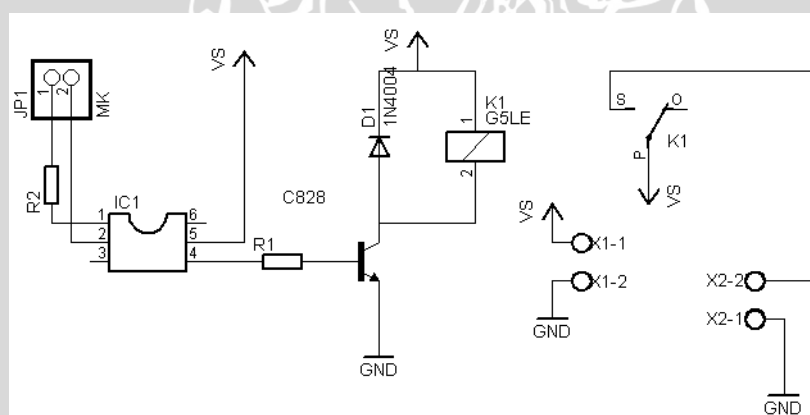


Gambar 4.7 Rangkaian LCD 16x2

Dalam rangkaian LCD dipasang sebuah resistor variabel pada pin kontras untuk mengatur tegangan yang masuk ke LCD agar kontras pada LCD dapat diatur. Pin 1 dan pin 16 LCD dihubungkan dengan kaki 3 resistor variabel dan *ground*. Pin 2 dan pin 15 LCD dihubungkan dengan kaki 1 resistor variabel dan catu daya +5V. Pin 3 LCD dihubungkan dengan kaki 2 resistor variabel. Pin 4, 5, 6, 11, 12, 13, 14 LCD masing-masing dihubungkan dengan PORTC.6, PORTC.5, PORTC.4, PORTC.3, PORTC.2, PORTC.1, dan PORTC.0 pada mikrokontroler. Pin 7, 8, 9, 10 LCD dibiarkan ambang.

4.2.5 Perancangan Rangkaian Relay

Perancangan rangkaian relay bertujuan untuk merancang saklar elektronik yang digunakan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan motor DC dengan pemicuan dari pin keluaran mikrokontroler. Pada perancangan ini menggunakan relay dengan tipe SPDT (*Single Pole dual Throw*). Rangkaian relay ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Rangkaian Relay

Untuk bekerja sesuai yang diinginkan relay perlu di *trigger* terlebih dahulu oleh transistor, dikarenakan tegangan pada mikrokontroler tidak bisa langsung mengaktifkan relay. Agar tidak terjadi arus balik yang masuk ke mikrokontroler saat pengaktifan, pin keluaran mikrokontroler harus melewati *optocoupler* terlebih dahulu sebelum masuk ke kaki basis transistor. Pemicuan dalam rangkaian ini menggunakan pemicuan dengan logika rendah pada pin mikrokontroler.

Pada perancangan ini menggunakan relay 12VDC dengan tipe HRS4H-(S)-DC12V karena motor yang digunakan menggunakan catu daya 12V dan relay banyak dijumpai di pasaran. Relay HRS4H-(S)-DC12V memiliki parameter koil berdasarkan *datasheet* sebagai berikut:

- *Coil Voltage Vdc* = 12 V
- *Coil Resistance* = 400 Ω
- *Operate Voltage Vdc* = 8,4 V
- *Release Voltage* = 1,2 V

Berdasarkan parameter di atas dapat dicari arus pada koil dengan $V_{CE(sat)transistor}$ sebesar 0,3V melalui persamaan

$$V_s - V_{relay} - V_{CE(sat)transistor} = 0 \quad (4-5)$$

$$V_s - I_{relay} \cdot R_{relay} - V_{CE(sat)transistor} = 0 \quad (4-6)$$

Berdasarkan persamaan (4-6) didapat perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 12 - I_{relay} \cdot 400 - 0,3 &= 0 \\ 11,7 - I_{relay} \cdot 400 &= 0 \\ I_{relay} &= \frac{11,7}{400} \\ I_{relay} &= 29,25 \text{ mA} \end{aligned}$$

29,25 mA merupakan arus minimal agar relay dapat aktif, untuk lebih amannya maka arus minimal dapat ditetapkan menjadi 150 mA.

Transistor yang digunakan dalam rangkain relay ini adalah transistor NPN dengan tipe KSP2222A dikarenakan memiliki spesifikasi berdasarkan *datasheet* sebagai berikut:

- I_c = 600mA
- $V_{CE(sat)transistor}$ = 0,3V
- h_{fe} = 50
- $V_{BE(sat)transistor}$ = 1,2V

Sehingga dapat dicari arus basis pada transistor melalui persamaan

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}} \quad (4-7)$$

Berdasarkan persamaan (4-7) didapat perhitungan sebagai berikut:

$$I_b = \frac{150}{50}$$

$$I_b = 3\text{mA}$$

Sehingga kaki basis pada transistor memerlukan arus 3mA untuk transistor dapat aktif. Setelah mendapatkan besarnya arus yang dibutuhkan kemudian dapat dicari besarnya nilai resistor pada kaki basis.

Besarnya nilai resistor yang digunakan pada kaki basis transistor dapat dicari dengan $V_{CE(sat)opto}$ sebesar 0,3 V melalui persamaan

$$V_s - V_{CE(sat)opto} - V_{R1} - V_{BE(sat)transistor} = 0 \quad (4-8)$$

$$V_s - V_{CE(sat)opto} - I_{R1} \cdot R_{R1} - V_{BE(sat)transistor} = 0 \quad (4-9)$$

Dari persamaan (4-9) dapat dihitung nilai R_B sebagai berikut:

$$12 - 0,3 - 3 \cdot R_1 - 1,2 = 0$$

$$10,5 - 3 \cdot R_1 = 0$$

$$\frac{10,5}{3} = R_1$$

$$3,5 \text{ K}\Omega = R_1$$

Karena di pasaran tidak ditemukan resistor dengan nilai hambatan 3,5K Ω maka besar nilai R_B dapat diganti resistor dengan nilai hambatan 3,3K Ω . Penggantian nilai resistor ini masih dapat ditoleransi oleh transistor.

Optocoupler yang digunakan pada rangkaian ini adalah *optocoupler* dengan tipe 4N35. Penggunaan *optocoupler* dengan tipe ini dikarenakan mudah

dijumpai di pasaran dan harganya yang murah. *Optocoupler* 4N35 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- CTR = 100%
- *Input Diode Forward* = 60mA
- Daya pada dioda = 100mW
- $V_{\text{dioda}} = 1,67\text{V}$
- $I_{\text{OL ATmega16}} = 0,9\text{ V}$

Setelah mengetahui nilai tegangan minimum agar dioda pada *Optocoupler* berkerja maka dapat dicari tegangan pada R_3 dengan menggunakan sumber 5V dengan persamaan

$$\begin{aligned} V_{\text{cc}} - V_{R2} - V_{\text{dioda}} - V_{\text{OL}} &= 0 \\ 5 - V_2 - 1,67 - 0,9 &= 0 \\ 2,43 - V_{R2} &= 0 \\ V_{R2} &= 2,43\text{V} \end{aligned} \quad (4-10)$$

Setelah mengetahui nilai dari V_{R2} maka dapat dicari nilai hambatan dari R_2 dengan persamaan

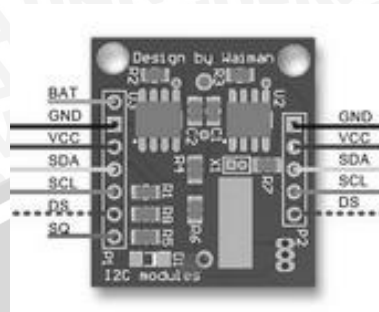
$$\begin{aligned} V &= I \times R \\ R &= \frac{V}{I} \\ R &= \frac{2,43}{60} \\ R &= 3,315\text{ K}\Omega. \end{aligned}$$

Nilai hambatan yang digunakan adalah 3,3 K Ω .

4.2.6 Perancangan Rangkaian *Real Time Clock* DS 1307 (RTC)

RTC (*Real Time Clock*) yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan IC RTC DS 1307. IC ini memiliki catu daya berupa baterai jam 3V

dan dapat juga dicatu dengan tegangan 5V dari mikrokontroler. Rangkaian IC RTC DS 1307 ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 IC RTC DS 1307

Dalam penelitian ini pin IC RTC DS 1307 akan dihubungkan pada pin mikrokontroler. Pin SDA IC RTC dihubungkan pada PORTB.0 mikrokontroler. Pin SCL IC RTC dihubungkan pada PORTB.1 mikrokontroler. Pin GND dan VCC IC RTC masing-masing dihubungkan pada GND dan VCC mikrokontroler sedangkan pin yang lainnya dibiarkanambang.

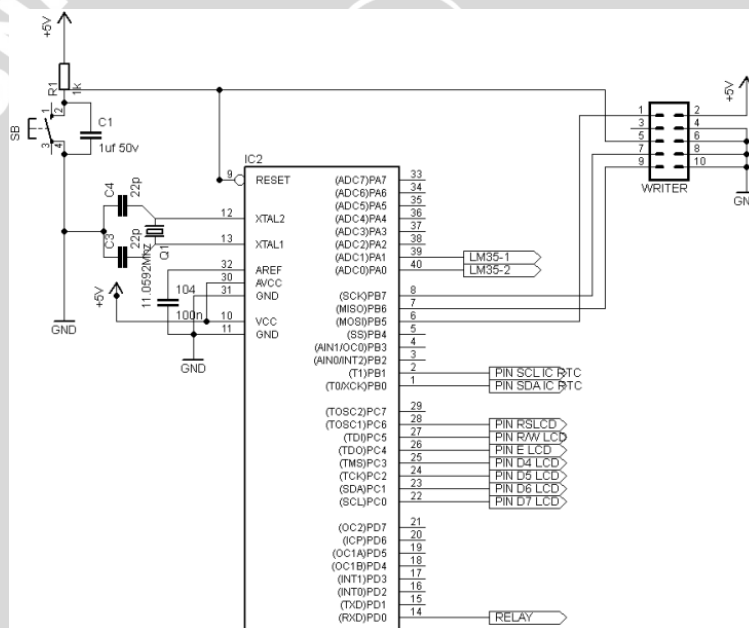
4.2.7 Perancangan Rangkaian Sistem Minimum ATmega16

Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan ini adalah ATmega16 yang dirangkai pada sistem minimum mikrokontroler. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah data sensor suhu LM35 dan RTC DS1307 kemudian ditampilkan pada LCD 16x2 serta sebagai kendali relay. Pada perancangan ini fungsi untuk setiap *port* pada rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega16 adalah sebagai berikut:

1. PORTA.0 = digunakan untuk sensor suhu LM35 pertama
2. PORTA.1 = digunakan untuk sensor suhu LM35 kedua
3. PORTB.0 = digunakan untuk pin SDA IC RTC
4. PORTB.2 = digunakan untuk pin SCL IC RTC
5. PORTC.0 = digunakan untuk pin D7 LCD
6. PORTC.1 = digunakan untuk pin D6 LCD
7. PORTC.2 = digunakan untuk pin D5 LCD
8. PORTC.3 = digunakan untuk pin D4 LCD

9. PORTC.4 = digunakan untuk pin E LCD
10. PORTC.5 = digunakan untuk pin R/W LCD
11. PORTC.6 = digunakan untuk pin RS LCD
12. PORTD.0 = digunakan untuk pin RELAY

Mikrokontroler yang digunakan pada sistem ini merupakan keluarga AVR yang secara *default* bekerja pada frekuensi *clock internal* 1MHz akan tetapi dapat dimaksimalkan mencapai frekuensi 11.0592Mhz dengan bantuan rangkaian *oscillator*. Rangkaian *oscillator* terdiri dari sebuah Xtal (Kristal) 11.0592Mhz dan dua buah kapasitor 22pF sesuai *datasheet* ATmega16. Rangkaian sistem minimum Atmega16 ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Rangkaian Minimum Sistem ATmega16

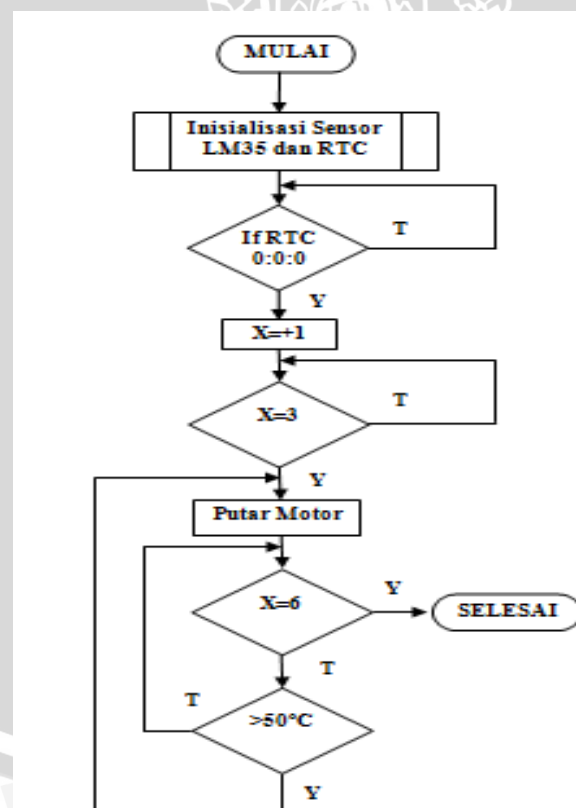
Pin AVCC dan VCC pada mikrokontroler dan salah satu kaki resistor $R_1 = 1K\Omega$ dihubungkan dengan catu daya +5V. Pin GND mikrokontroler dihubungkan dengan salah satu kaki kapasitor 100nF, salah satu kaki $C_3 = 22pF$ dan $C_4 = 22pF$, salah satu kaki $C_1 = 1\mu F$ dan salah satu kaki *tact switch*. Kaki $C_1 = 1\mu F$, kaki *tact switch* yang lain dan pin *reset* mikrokontroler dihubungkan dengan kaki resistor $R_1 = 1K\Omega$ yang lain. Kaki kapasitor $C_1 = 22pF$ yang lain dihubungkan dengan kaki 1 *crystal* 11,0592MHz dan pin XTAL1 mikrokontroler. Kaki kapasitor $C_2 = 22pF$

yang lain dihubungkan dengan kaki 2 *crystal* 11,0592MHz dan pin XTAL2 mikrokontroler.

4.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software)

4.3.1 Program Utama

Perancangan perangkat lunak pada mikrokontroler diawali dengan merancang diagram alir (*flowchart*) terlebih dahulu. Diagram alir berfungsi sebagai alur kerja untuk masing-masing perangkat keras yang akan dikendalikan oleh mikrokontroler maupun proses perhitungan yang terjadi di dalam mikrokontroler. Bahasa pemrograman yang digunakan dalam program utama menggunakan bahasa C dan *compiler* yang digunakan adalah CV AVR. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 4.11.

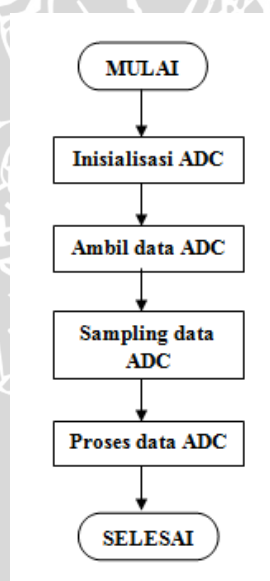


Gambar 4.11 Diagram Alir Program Utama

Berdasarkan diagram alir di atas proses pertama yang dilakukan mikrokontroler adalah membaca data dari sensor suhu LM35 dan RTC DS 1307, kemudian RTC akan menambah waktu sampai pada saat RTC menunjukkan waktu 3 hari maka mikrokontroler akan mengaktifkan motor untuk berputar selama 2 menit. Kemudian setelah berputar RTC akan kembali menambahkan waktu dan mikrokontroler akan membaca data dari RTC jika RTC belum menunjukkan 6 hari maka proses akan terus berlanjut, jika pada saat proses berlangsung sensor LM35 menunjukkan suhu diatas 50°C maka mikrokontroler akan kembali mengaktifkan motor untuk berputar selama 2 menit sampai RTC menunjukkan waktu 6 hari maka proses akan berakhir.

4.3.1 Sub Program Baca Sensor Suhu LM35

Sub program baca sensor suhu LM35 merupakan bagian dari program utama agar proses dalam fermentasi biji kakao berjalan sesuai dengan parameter yang sudah ditentukan sebelumnya. Diagram alir sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Diagram Alir Baca Sensor LM35

Berdasarkan diagram alir di atas proses baca suhu LM35 menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) sehingga hal pertama yang dilakukan adalah menginisialisasi ADC terlebih dahulu. Kemudian data ADC diambil dari PORTA

yang terhubung dengan keluaran LM35. Agar hasil memiliki nilai yang baik maka pengukuran dilakukan dengan mengambil nilai rata-rata dari hasil *sampling* ADC. Data hasil *sampling* akan diproses agar didapatkan data suhu yang sesuai dengan sebenarnya.



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisi dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah seluruh sistem bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dalam perancangan *hardware* serta pengujian keseluruhan untuk mengetahui *software* dapat bekerja dengan baik atau tidak. Pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian kotak fermentasi
2. Pengujian rangkaian sensor suhu LM35
3. Pengujian rangkaian pengondisi sinyal
4. Pengujian LCD
5. Pengujian rangkaian relay
6. Pengujian *Real Time Clock* DS 1307 (RTC)
7. Pengujian rangkaian sistem minimum ATmega16

5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35

5.1.1 Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian sensor suhu LM35 untuk membandingkan tegangan keluaran dari pengukuran dan perhitungan dengan perubahan suhu yang sudah ditentukan.

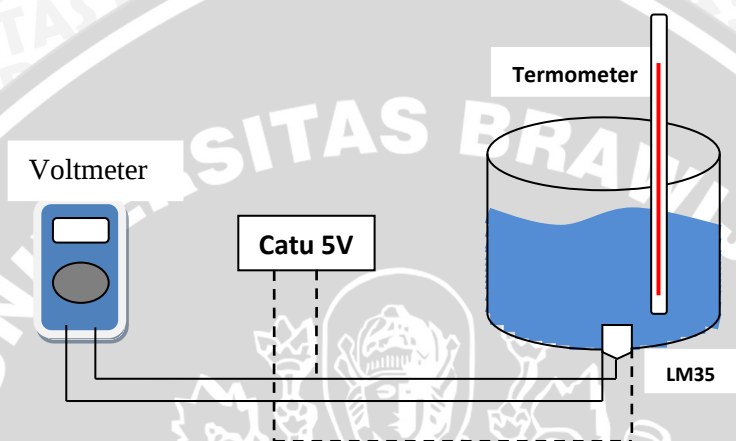
5.1.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian sensor suhu LM35 sebagai berikut:

1. Sensor suhu LM35
2. Termometer air raksa
3. *Rice cooker* dan air
4. Catu daya +5V
5. Voltmeter

5.1.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan yang dikeluarkan oleh sensor suhu LM35 menggunakan voltmeter kemudian data diambil berdasarkan suhu yang telah ditentukan yang beracuan pada termometer air raksa. Blok pengujian sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Gambar 5.1



Gambar 5.1 Blok Pengujian Sensor Suhu LM35

Prosedur pengujian sensor suhu LM35 sebagai berikut:

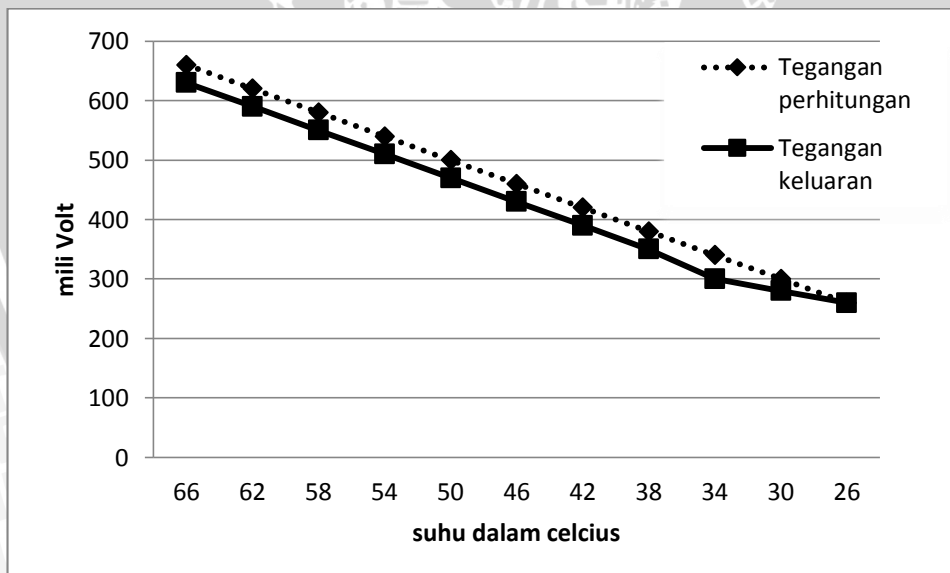
1. Rangkai blok pengujian sensor suhu LM35 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.1.
2. Hidupkan catu daya 5V untuk mencatu sensor suhu LM35
3. Atur skala pada Voltmeter
4. Hidupkan *rice cooker* yang telah diisi air
5. Amati dan catat perubahan tegangan yang terjadi setiap perubahan suhu dengan acuan termometer dengan kenaikan suhu yang sudah ditentukan.

5.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian sensor suhu LM35 menghasilkan tegangan seperti ditunjukkan dalam Tabel 5.1 dan Gambar 5.2

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35

Suhu °C	Tegangan Perhitungan (mV)	Tegangan Keluaran (mV)	Penyimpangan
66	660	630	0,0454
62	620	590	0,0483
58	580	550	0,0517
54	540	510	0,0555
50	500	470	0,06
46	460	430	0,0652
42	420	390	0,1666
38	380	350	0,0789
34	340	300	0,1176
30	300	280	0,0666
26	260	260	0
Rata-rata penyimpangan			0,0687



Gambar 5.2 Grafik Pengujian Sensor Suhu LM35

Dalam Tabel 5.1 ditunjukkan bahwa setiap kenaikan suhu yang terjadi dalam percobaan, data tegangan keluaran yang ditunjukkan tidak berbeda jauh dengan data tegangan perhitungan. Hal ini dikarenakan nilai sensitivitas dari sensor suhu LM35 adalah setiap kenaikan 1°C mengalami perubahan tegangan 10mV. Dalam Gambar 5.2 ditunjukkan bahwa grafik data tegangan keluaran dan perhitungan terhadap perubahan suhu mendekati linier. Hal ini sesuai dengan karakteristik dari sensor suhu LM35.

5.2 Pengujian Rangkaian Pengondisi Sinyal

5.2.1 Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian pengondisi sinyal adalah untuk mengetahui tegangan keluaran setelah dikuatkan 5 kali sehingga pengukuran suhu memiliki *range* dari 0V sampai 5V.

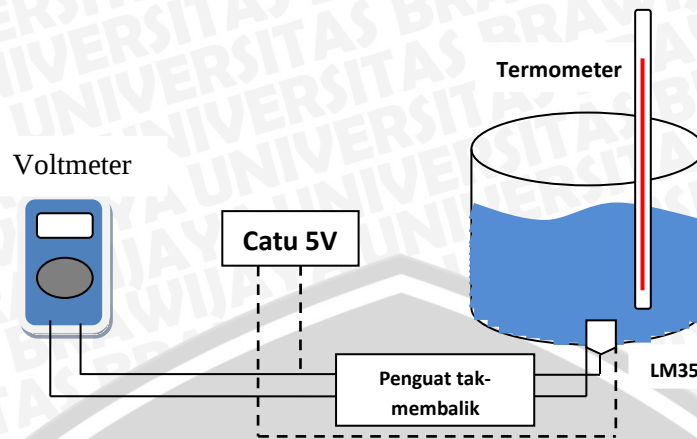
5.2.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian penguat tak-membalik sebagai berikut:

1. Sensor suhu LM35
2. Rangkaian pengondisi sinyal
3. Termometer air raksa
4. *Rice cooker* dan air
5. Catu daya 5V
6. Voltmeter

5.2.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan yang dikeluarkan oleh penguat tak-membalik yang masukan penguat sudah dihubungkan dengan keluaran dari sensor suhu LM35 menggunakan voltmeter kemudian data diambil berdasarkan suhu yang telah ditentukan yang beracuan pada termometer air raksa. Blok pengujian penguat tak-membalik ditunjukkan dalam Gambar 5.3



Gambar 5.3 Blok Pengujian Sensor Suhu LM35 Menggunakan Penguat

Prosedur pengujian sensor suhu LM35 sebagai berikut:

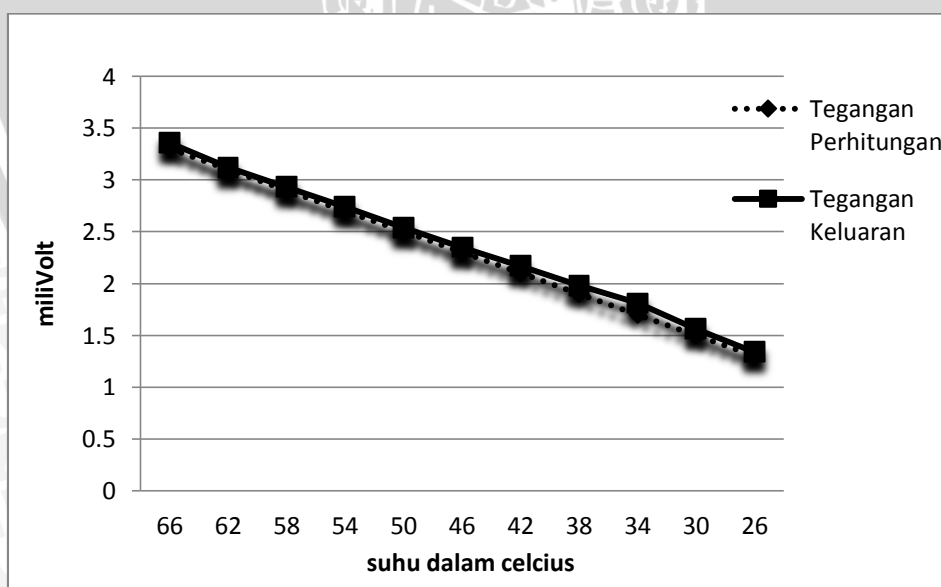
1. Rangkai blok pengujian penguat tak-membalik seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.3
2. Hidupkan catu daya 5V untuk mencatu sensor suhu LM35 dan penguat tak-membalik
3. Atur skala pada Voltmeter
4. Hidupkan *rice cooker* yang telah diisi air
5. Amati dan catat perubahan tegangan yang terjadi setiap perubahan suhu dengan acuan termometer dengan kenaikan suhu yang sudah ditentukan.

5.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian sensor suhu LM35 menggunakan penguat tak-membalik menghasilkan tegangan keluaran seperti ditunjukkan dalam Tabel 5.2 dan Gambar 5.4.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sensor Suhu LM35 Menggunakan Penguat Tak-membalik

Suhu (derajat celcius)	Tegangan Perhitungan (V)	Tegangan Keluaran (V)	Penyimpangan
66	3,3	3,36	0,0181
62	3,1	3,12	0,0064
58	2,9	2,93	0,0103
54	2,7	2,74	0,0148
50	2,5	2,54	0,016
46	2,3	2,35	0,0217
42	2,1	2,17	0,0333
38	1,9	1,98	0,0421
34	1,7	1,81	0,0647
30	1,5	1,56	0,04
26	1,3	1,34	0,0307
Rata-rata penyimpangan			0,0271



Gambar 5.4 Grafik Pengujian Sensor Suhu LM35 Menggunakan Penguat Tak-membalik

Dalam Tabel 5.2 menunjukkan bahwa pengukuran tegangan sensor suhu LM35 menggunakan penguat tak-membalik memiliki penyimpangan yang lebih kecil dibandingkan dengan sensor suhu LM35 tanpa penguat. Dalam Gambar 5.4 ditunjukkan bahwa grafik data tegangan keluaran dan perhitungan terhadap perubahan suhu mendekati linier. Hal ini sesuai dengan karakteristik dari sensor suhu LM35.

5.3 Pengujian rangkaian LCD

5.3.1 Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian LCD adalah mengetahui respon yang ditampilkan oleh LCD terhadap program yang telah diberikan melalui mikrokontroler.

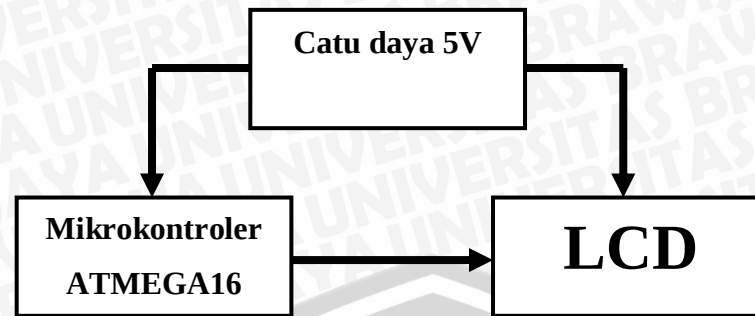
5.3.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian LCD sebagai berikut:

1. Rangkaian modul LCD
2. Rangkaian sistem minimum ATMEGA16
3. Kabel penghubung
4. USB ASP
5. Catu daya 5V

5.3.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan PORTC pada mikrokontroler dengan pin pada modul LCD sesuai dengan perancangan. Kemudian memprogram mikrokontroler dengan bahasa C setelah itu beri catu daya +5V mikrokontroler dan modul LCD. Diagram blok pengujian modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Blok Pengujian Sensor Suhu LM35

Program yang terdapat di dalam mikrokontroler untuk dapat menampilkan karakter pada LCD adalah sebagai berikut:

```

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTB Bit 0
// EN - PORTC Bit 1
// D4 - PORTC Bit 2
// D5 - PORTC Bit 3
// D6 - PORTC Bit 4
// D7 - PORTC Bit 5
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("RICO CHRISNANDA");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Mencoba LCD");
}
  
```

5.3.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil tampilan pengujian modul LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.6



Gambar 5.6 Tampilan Pengujian Rangkaian LCD

Dalam Gambar 5.6 menunjukkan bahwa karakter yang ditampilkan pada modul LCD sesuai dengan karakter yang ditulis dalam mikrokontroler menggunakan bahasa C.

5.4 Pengujian Rangkaian Relay

5.4.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui arus pada koil relay dan arus basis yang keluar saat rangkaian relay dicatu dan dibandingkan dengan perhitungan.

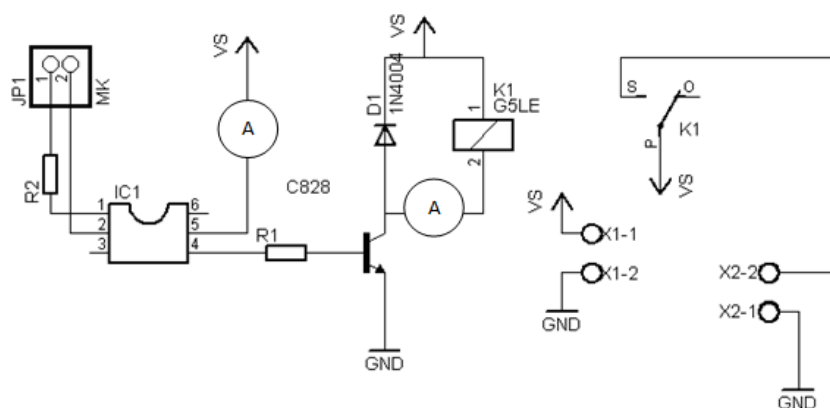
5.4.2 Alat yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam pengujian rangkaian relay sebagai berikut:

1. Rangkaian relay
2. Ampermeter
3. Catu daya 5V
4. Catu daya 12V

5.4.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan mengukur arus pada kaki koil relay dan kaki basis transistor menggunakan ampermeter yang dihubungkan secara seri yang ditunjukkan dalam rangkaian pengujian relay dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Rangkaian Pengujian Relay

Prosedur pengujian rangkaian relay sebagai berikut:

1. Rangkai rangkaian pengujian relay seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.7
2. Hidupkan catu daya 12V untuk mencatu relay dan 5V untuk mencatu *optocoupler*.
3. Atur skala pada ampermeter
4. Nyalakan dan matikan catu daya secara bergantian
5. Amati dan catat arus yang terjadi setiap catu daya dinyalakan dan dimatikan.

5.4.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Pengujian rangkaian relay menghasilkan data arus keluaran pada kaki basis transistor dan koil relay ditunjukkan dalam Tabel 5.3 dan Tabel 5.4.

Tabel 5.3 Pengujian Arus Basis Transistor

Tidak Dipicu	Dipicu
0 mA	0,6mA
0 mA	0,6 mA
0 mA	0,7 mA
0 mA	0,6 mA
0 mA	0,6 mA
rata-rata	0,62 mA

Tabel 5.4 Pengujian Arus *Coil* Relay

Tidak Dipicu	Dipicu
0,3 mA	29 mA
0,3 mA	28,6 mA
0,3 mA	28,9 mA
0,3 mA	28,8 mA
0,3 mA	28,8 mA
rata-rata	28,82 mA

Dalam Tabel 5.3 menunjukkan arus basis saat tidak dipicu adalah 0 mA atau tidak ada arus, sedangkan saat dipicu menunjukkan rata-rata arus yang mengalir pada kaki basis adalah sebesar 0,62 mA nilai ini belum dikuatkan 5 kali. Setelah dikuatkan nilai arus basis menjadi 3,1 mA nilai ini mendekati nilai perhitungan sebesar 29,25 mA. Arus sebesar ini masih dapat ditoleransi oleh transistor agar dapat aktif.

Dalam Tabel 5.4 menunjukan arus koil relay saat tidak dipicu adalah 0,3 mA, sedangkan saat dipicu menunjukan rata-rata arus yang mengalir pada koil relay adalah sebesar 28,82 mA nilai ini mendekati nilai perhitungan sebesar 30 mA. Arus sebesar ini masih dapat ditoleransi oleh relay agar dapat aktif.

5.5 Pengujian Rangkaian *Real Time Clock* DS 1307 (RTC)

5.5.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian rangkaian modul *Real Time Clock* DS 1307 adalah untuk melihat apakah mikrokontroler dapat membaca output dari *Real Time Clock* DS 1307 dan menampilkannya pada modul LCD serta dapat menyimpan waktu selama proses fermentasi berlangsung.

5.5.2 Alat yang Digunakan

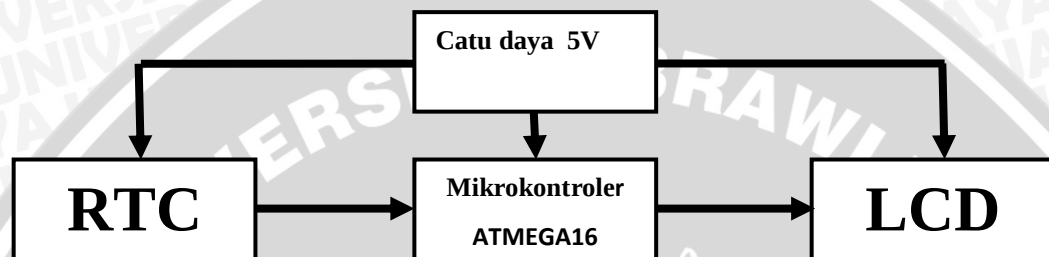
Alat yang digunakan dalam pengujian modul *Real Time Clock* DS 1307 sebagai berikut:

1. Modul *Real Time Clock* DS 1307
2. Rangkaian modul LCD
3. Rangkaian sistem minimum ATmega16

4. Kabel penghubung
5. Catu daya +5V

5.5.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan melihat tampilan LCD yang telah dihubungkan dengan modul *Real Time Clock* DS 1307. Blok pengujian modul *Real Time Clock* DS 1307 ditunjukkan dalam Gambar 5.8



Gambar 5.8 Modul *Real Time Clock* DS 1307

Prosedur pengujian modul *Real Time Clock* DS 1307 sebagai berikut:

1. Rangkai blok pengujian sensor suhu LM35 seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.8. menggunakan kabel penghubung sesuai perancangan.
2. Program mikrokontroler untuk menampilkan waktu dari modul *Real Time Clock* DS 1307
3. Hidupkan catu daya +5 volt
4. Amati tampilan pada LCD

5.5.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil tampilan pada modul LCD untuk mengetahui keluaran dari modul *Real Time Clock* DS 1307 ditunjukkan dalam Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Tampilan pengujian Rangkaian Modul *Real Time Clock* DS 1307

Dalam Gambar 5.9 terlihat bahwa pada LCD sudah dapat menampilkan waktu sesuai yang diinginkan.

5.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

5.5.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menganalisis kinerja alat setelah setiap bagian penyusun sistem telah dihubungkan menjadi satu kesatuan. Parameter yang akan diamati dalam pengujian ini adalah perubahan suhu yang terjadi pada tiap jam yang sudah ditentukan selama proses fermentasi berlangsung

5.5.2 Alat dan Bahan yang Digunakan.

Alat yang digunakan dalam pengujian sistem secara keseluruhan sebagai berikut:

1. Kotak fermentasi ($V = 30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 25\text{cm}$, tebal kayu 1,5 cm)
2. Rangkaian elektrik sistem
3. Biji kakao basah seberat 6 Kg.

5.1.3 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan meletakkan semua biji kakao basah ke dalam kotak fermentasi yang sudah dihubungkan dengan rangkaian elektrik sistem kemudian tutup kotak fermentasi dan catat perubahan suhu setiap jam yang sudah ditentukan sebelumnya.

5.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis

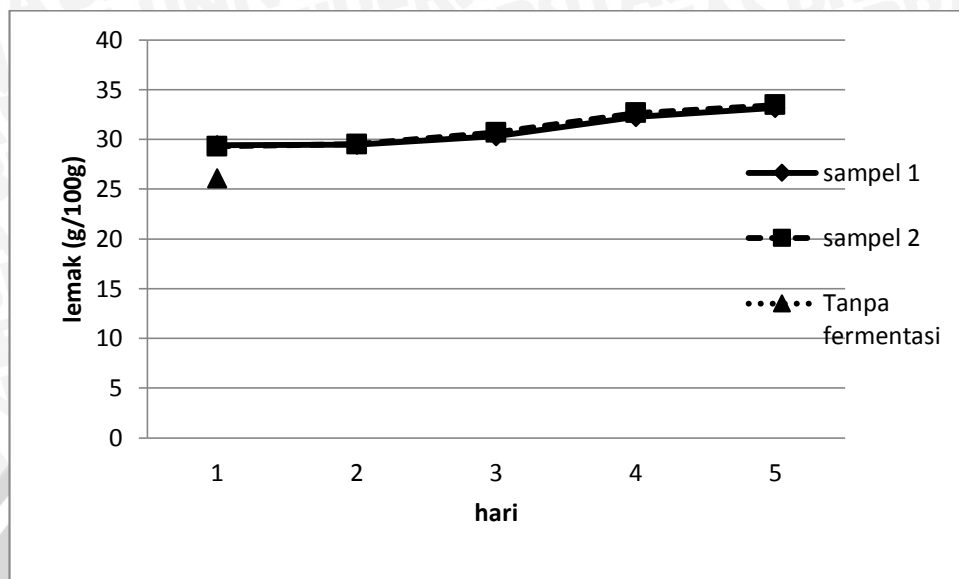
Pengujian sistem secara keseluruhan didapatkan hasil yang ditunjukkan dalam Tabel 5.5

Tabel 5.5 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Hari	14.00		22.00		06.00	
	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 1	Sensor 2
1	27°C	27 °C	28 °C	27 °C	28 °C	28 °C
2	32 °C	31,5 °C	33 °C	32,5 °C	40,5 °C	39,5 °C
3	33 °C	32,5 °C	34.5 °C	33,5 °C	41,5 °C	36,5 °C
4	41 °C	36 °C	41,5 °C	38 °C	32,5 °C	31 °C
5	32,5 °C	31 °C	29 °C	28,5 °C	27 °C	27 °C

Dalam Tabel 5.5 terlihat bahwa suhu pada hari pertama dan kedua mengalami kenaikan temperatur, disini telah terjadi proses fermentasi. Untuk meratakan proses fermentasi yang terjadi di dalam kotak pada hari yang ketiga dilakukan pengadukan, sehingga terjadi penurunan suhu setelah dilakukan pengadukan selama 2 menit terlihat pada hari ketiga jam 14.00. pada hari kelima terjadi penurunan temperatur di dalam kotak fermentasi, ini menunjukkan bahwa proses fermentasi sudah selesai dan biji kakao dapat langsung dijemur.

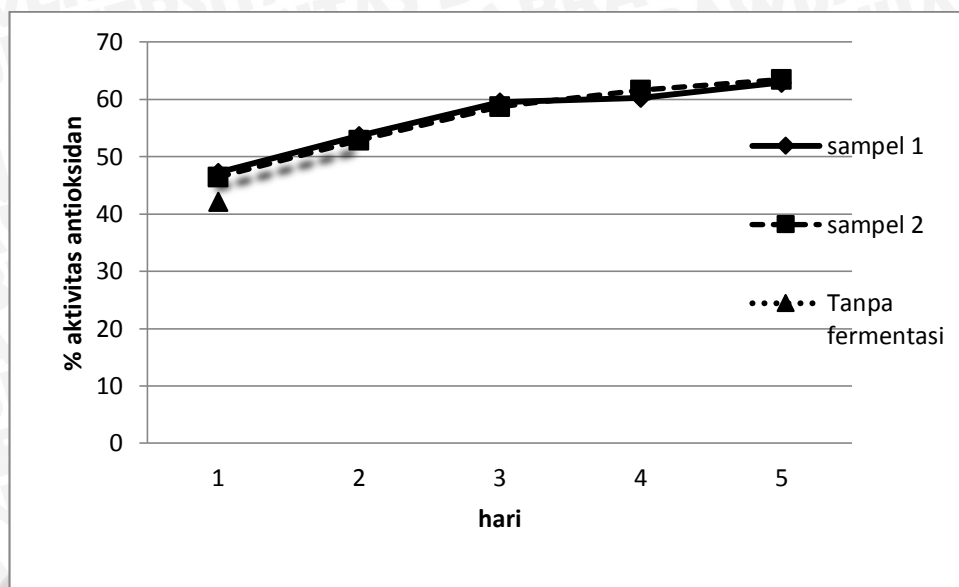
Dalam pengujian selama proses fermentasi berlangsung diambil sampel biji setiap harinya untuk diuji kandungan lemak, antioksidan dan kandungan air dalam setiap biji kakao. Hasil uji laboratorium ditunjukkan dalam Gambar 5.10, Gambar 5.11, Gambar 5.12.



Gambar 5.10 Grafik Perubahan Kadar Lemak

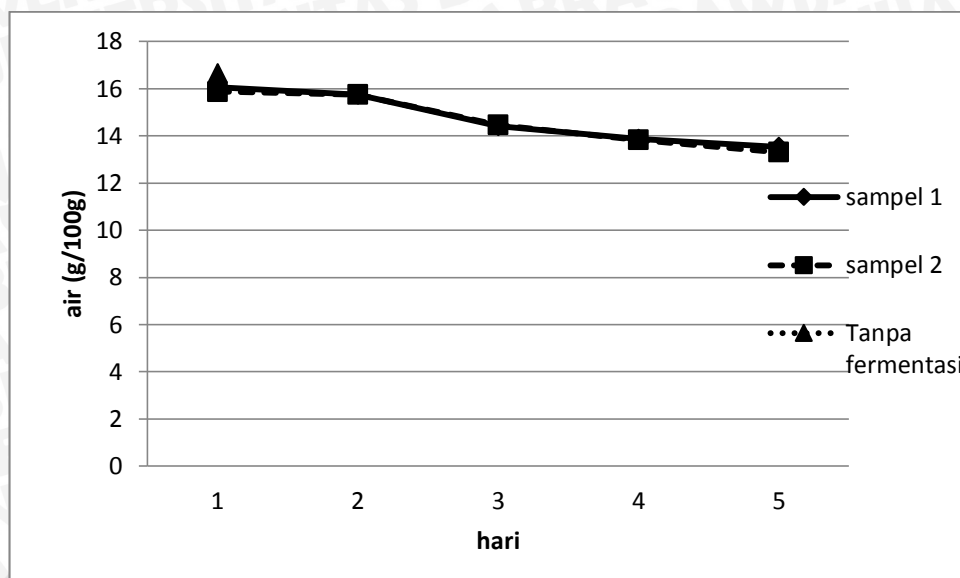
Pada saat proses fermentasi anaerobik (tanpa oksigen) berlangsung, mikroorganisme yang tumbuh pada proses fermentasi meningkatkan kandungan lemak dengan mengubah senyawa-senyawa seperti polifenol, protein dan gula. Mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian senyawa-senyawa tersebut adalah *Streptococcus laktis* dan *Sacharomyces cerevisiae* (Rahman, 1989).

Dari Gambar 5.10 ditunjukkan bahwa pengaruh lama fermentasi dari hari pertama sampai hari kelima menyebabkan meningkatnya kadar lemak kakao. Kadar lemak biji kakao yang mengalami proses fermentasi juga lebih tinggi dibandingkan lemak biji kakao tanpa proses fermentasi.



Gambar 5.11 Grafik Perubahan Kandungan Antioksidan

Kandungan antioksidan dengan prakecambahan (fermentasi) mengalami peningkatan pada hari ke 3 dan pada hari ke 4 dan 5 penurunan yang tidak begitu jauh (Ulfaniah, K. 2014). Dari Gambar 5.10 ditunjukkan bahwa pengaruh lamanya fermentasi menyebabkan kandungan antioksidan mengalami peningkatan. Kandungan antioksidan biji kakao tanpa fermentasi lebih rendah dibandingkan biji kakao dengan fermentasi.



Gambar 5.12 Grafik Perubahan Kadar Air Setelah Dikeringkan

Pada awal proses fermentasi biji kadar air yang dimiliki setelah dikeringkan sangat tinggi, kemudian setelah fermentasi berjalan 42 jam kadar air biji menurun hingga fermentasi berjalan 5 hari (120 jam)(Doume Z. S.Y., 2013). Dari Gambar 5.12 ditunjukkan bahwa kadar pada biji kakao mengalami penurunan dari hari pertama sampai hari kelima serta kadar air biji kakao yang mengalami proses fermentasi lebih rendah dibandingkan tanpa proses fermentasi. Hal ini menunjukkan bahwa biji kakao yang mengalami proses fermentasi lebih bagus dibandingkan biji kakao tanpa proses fermentasi. Aroma kakao terbentuk pada saat fermentasi serta pengeringan biji kakao dengan kadar air 7%, pada kondisi ini biji kakao tidak ditumbuhi cendawan baik permukaan maupun isinya (Wahyu, 1995).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis dari penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kotak fermentasi biji kakao dapat beroperasi secara otomatis ditunjukkan dengan selalu menampilkan suhu dan waktu selama proses berlangsung serta berputarnya motor untuk mengaduk pada hari ketiga dan jika suhu menunjukkan $\geq 50^{\circ}\text{C}$ dengan berat biji yang difermentasi adalah 6 kg.
2. Penyimpangan rata-rata sensor suhu LM35 sebelum dan sesudah diberi penguat berturut-turut adalah 6,87% dan 2,71%.
3. Kinerja sistem fermentasi biji kakao sangat baik ditunjukkan dengan tetap berlanjutnya program saat sistem dimatikan dayanya dan kemudian dinyalakan kembali.

6.2 Saran

Saran-saran dalam pengimplementasian maupun peningkatan unjuk kerja sistem ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pemilihan sensor suhu yang presisi dan tahan terhadap air sangat menunjang sistem dapat bekerja dengan baik sesuai data yang sebenarnya.
2. Menambahkan sensor berat dapat memberikan data yang lebih baik saat proses fermentasi.

DAFTAR PUSTAKA

Adiarti, Y. 2013. *Merubah Pola Fikir Petani untuk Fermentasi Biji Kakao*. Indonesia: ditjenbun.

AID, A. 2014. *Cocoa Procesing Methods for the Production of High Quality Cocoa in Vietnam*. Australia: Australia Goverment

ATMEL. 2010. *8-bit Microcontroller with 16K Byte In-System Programmable FlashMode*. San Jose: ATMEL.

Dokumentasi. 2015. *Smart Box Cacao Fermentation*. Rico Chrisnanda, Lomba Cipta Elektronika Nasional 2015. (Belum terdokumentasi)

Doume, S. Y. 2013. Karakteristik Kimia Sensoris Biji Kakao Hasil Fermentasi Pada Tingkat Petani Dan Skala Laboratorium. *Agrotekbis*. 1 (2): 145-152

Ilham,F.2012. Fermentasi Kakao. <http://www.teknologipertanian.com/2012/04/fermentasi-kakao.html>, (diakses 4 desember 2014)

Maswadi, 2011. Agribisnis Kakao dan Produk Olahannya Berkaitan Dengan Kebijakan Tarif Pajak di Indonesia. *J. Perkebunan dan Lahan Tropika*. 1 (2): 23-30

National Semiconductor. 2000. *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*. Amerika: National Semiconductor Corporation.

Purwanto, E. H. 2011. *Perbaikan Mutu Biji kakao Indonesia dengan Penerapan Teknik Fermentasi*. Indonesia: ditjenbun.

Rahman, A. 1989. *Pengantar Teknologi Fermentasi*. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor.

Revolution. *Alphanumeric LCD Display*. United Kingdom: Revolution Education, Ltd.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-2323-2002. 2002. *Biji Kakao*. Indonesia.

Syahruding, N. 2011. *Traceability in the Cocoa Supply Chain: An Indonesian Context*. Italy.

Texas Instrument. 2014. *LMx58-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers*. Dalas: Texas Instrument Incorporate.

Ulfaniah, K. 2014. Perubahan Kandungan Antioksidan, Polifenol dan Profil Protein selama Pra-perkecambahan Pada Biji Kakao. *Berkala Ilmu PERTANIAN*. 1 (3): 43-46

Wahyu, B., setianto. 1995. *Kebutuhan Energi Pengeringan Biji Kakao Ditinjau dari Kecepatan Udara Pengering*. Jakarta: BPP Teknologi

LAMPIRAN



LAMPIRAN I FOTO ALAT



Rangkaian Elektrik



Kotak Fermentasi dan Biji kakao



Pengujian Sensor



Sampel Fermentasi

LAMPIRAN II

Data Pengujian

Hasil Uji kandungan Antioksidan

Sampel	ul	m smpl (g)	Abs	10% aktvts
Tanpa fermentasi	1	0,502	0,211	43,733
	2	0,504	0,217	42,133
Hari 1	1	0,508	0,201	46,400
	2	0,501	0,198	47,200
Hari 2	1	0,504	0,177	52,800
	2	0,509	0,174	53,600
Hari 3	1	0,502	0,155	58,667
	2	0,504	0,152	59,467
Hari 4	1	0,507	0,144	61,600
	2	0,508	0,149	60,267
Hari 5	1	0,502	0,137	63,467
	2	0,509	0,139	62,933

Hasil Uji kandungan Lemak

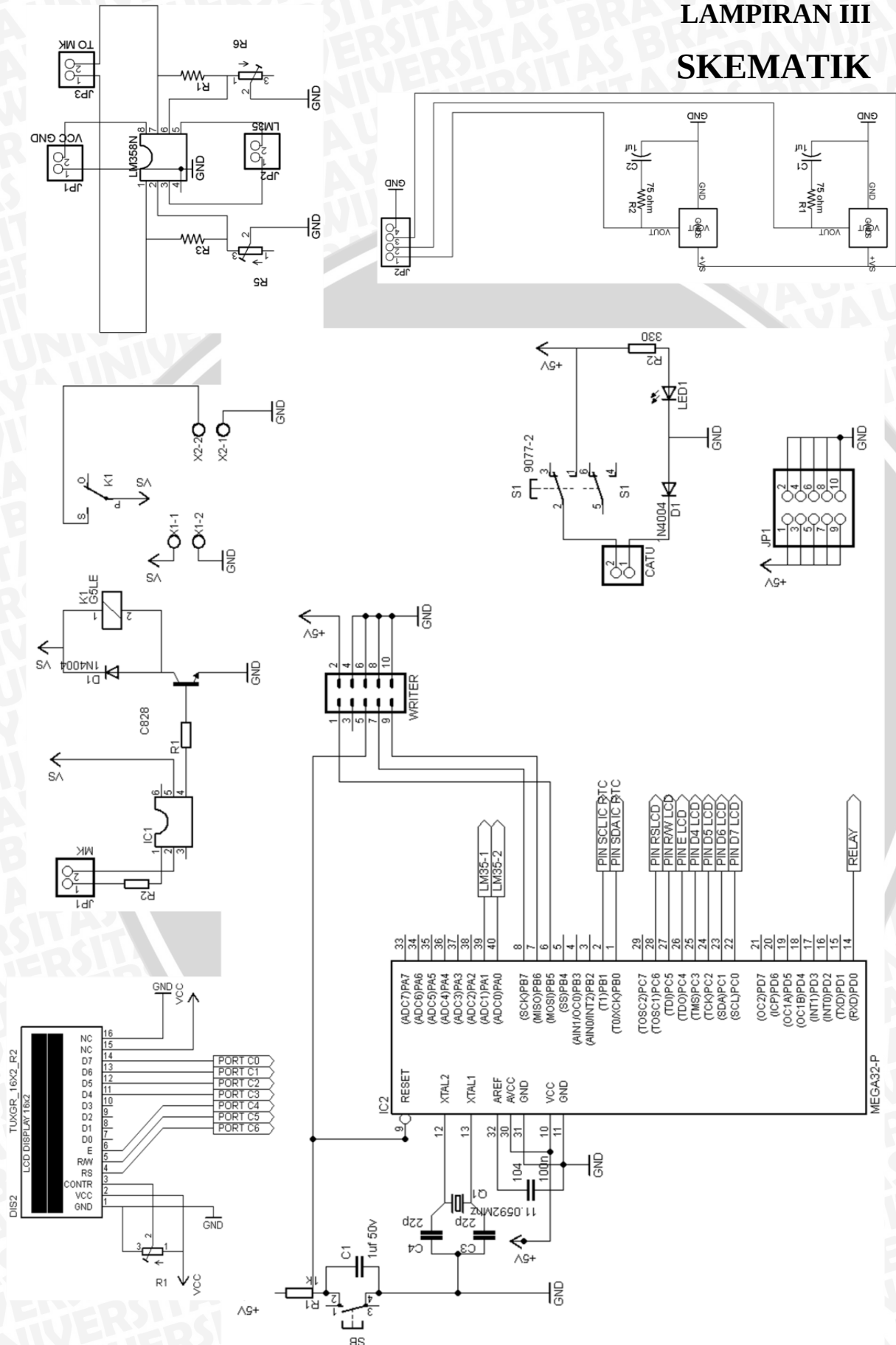
Sampel	ul	m gls (g)	m sampel (g)	m akhir (g)	Lemak (g/100 g)
Tanpa fermentasi	1	44,298	2,012	44,822	26,044
	2	51,287	2,005	51,833	27,232
Hari 1	1	66,298	2,007	66,888	29,397
	2	69,028	2,003	69,615	29,306
Hari 2	1	58,549	2,017	59,143	29,450
	2	66,228	2,009	66,821	29,517
Hari 3	1	59,309	2,005	59,917	30,324
	2	55,228	2,004	55,843	30,689
Hari 4	1	59,287	2,016	59,937	32,242
	2	55,223	2,003	55,877	32,651
Hari 5	1	62,178	2,009	62,844	33,151
	2	59,287	2,005	59,958	33,466

Hasil Uji kandungan Air Setelah Dikeringkan

Sampel	ul	m btl (g)	m smpl (g)	m akhr (g)	air (g/100 g)
Tanpa fermentasi	1	55,116	2,003	56,784	16,725
	2	62,983	2,017	64,664	16,658
Hari 1	1	65,936	2,011	67,624	16,062
	2	75,363	2,009	77,053	15,879
Hari 2	1	79,225	2,007	80,916	15,745
	2	82,025	2,006	83,715	15,753
Hari 3	1	81,553	2,012	83,275	14,414
	2	65,142	2,005	66,857	14,464
Hari 4	1	68,326	2,004	70,052	13,872
	2	59,114	2,011	60,847	13,824
Hari 5	1	64,859	2,009	66,596	13,539
	2	66,036	2,007	67,776	13,303



LAMPIRAN III SKEMATIK



LAMPIRAN IV

LISTING PROGRAM

```
#include <mega16.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <delay.h>
float suhu1,suhu2;
float suhu_celcius1, suhu_celcius2;
unsigned char buff[30];
// I2C Bus functions (komunikasi rtc dan
MK)
#asm
.equ __i2c_port=0x18 ;PORTB
.equ __sda_bit=1
.equ __scl_bit=0
#endasm
#include <i2c.h>

// DS1307 Real Time Clock functions
#include <ds1307.h>

// Alphanumeric LCD Module functions
#include <alcd.h>
unsigned char h, m, s, temp[16]; //variable
lcd
eeprom int x;
#define ADC_VREF_TYPE 0x40

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char
adc_input)
{
```

```
ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE
& 0xff);
// Delay needed for the stabilization of the
ADC input voltage
delay_us(10);
// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}
```

```
// Declare your global variables here
void main(void)
{
// Declare your local variables here
```

```
// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In
Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T
State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00; // input
```

```
// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In
Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T
State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x00; // input
```

```
// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In
Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T
State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
```

```
// Port D initialization
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out
Func4=Out Func3=Out Func2=Out
Func1=Out Func0=Out
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0
State3=0 State2=0 State1=0 State0=0
PORTD=0x01;
DDRD=0xFF; // output
```

```
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by
Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
```

```
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;
```

```
// SPI initialization
// SPI disabled
```

```

SPCR=0x00;

// I2C Bus initialization
i2c_init();

// DS1307 Real Time Clock initialization
// Square wave output on pin SQW/OUT:
Off
// SQW/OUT pin state: 0
rtc_init(0,0,0);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C
Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 5
// RD - PORTC Bit 6
// EN - PORTC Bit 4
// D4 - PORTC Bit 3
// D5 - PORTC Bit 2
// D6 - PORTC Bit 1
// D7 - PORTC Bit 0
// Characters/line: 16
lcd_init(16);
lcd_clear();

//PINB.2 PINB.3 AKTIF LOW,
while (1)
{
    // Place your code here

    while(PINB.2==0)
    {
        rtc_set_time(0,0,0);
        x=0;
    }

    rtc_get_time(&h,&m,&s);
    // mengakses jam
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(temp,"%d:%d:%d",h,m,s);
    lcd_puts(temp);

    lcd_gotoxy(9,1);
    sprintf(buff,"Hr-%d",x);
    lcd_puts(buff);

    delay_ms(1000);
    lcd_clear();

    if(h==0 && m==0 && s==0)
    {
        x++;
    }

    suhu1 = read_adc(0);
    suhu_celcius1 = suhu1*100/1024;
    //rumus untuk mengubah kedalam derajat
    celcius
    lcd_gotoxy(0,0);

    sprintf(temp,"%0.1f%cC",suhu_celcius1,0xd
f);
    lcd_puts(temp);

    suhu2 = read_adc(1);

    suhu_celcius2 = suhu2*100/1024;
    //rumus untuk mengubah kedalam derajat
    celcius
    lcd_gotoxy(8,0);

    sprintf(temp,"%0.1f%cC",suhu_celcius2,0xd
f);
    lcd_puts(temp);

    //fungsi motor
    if(suhu_celcius1>=50 ||
suhu_celcius2>=50 || x==3 && h==0 &&
m<=1 && s<=58)
    {
        PORTD.0=0;
    }

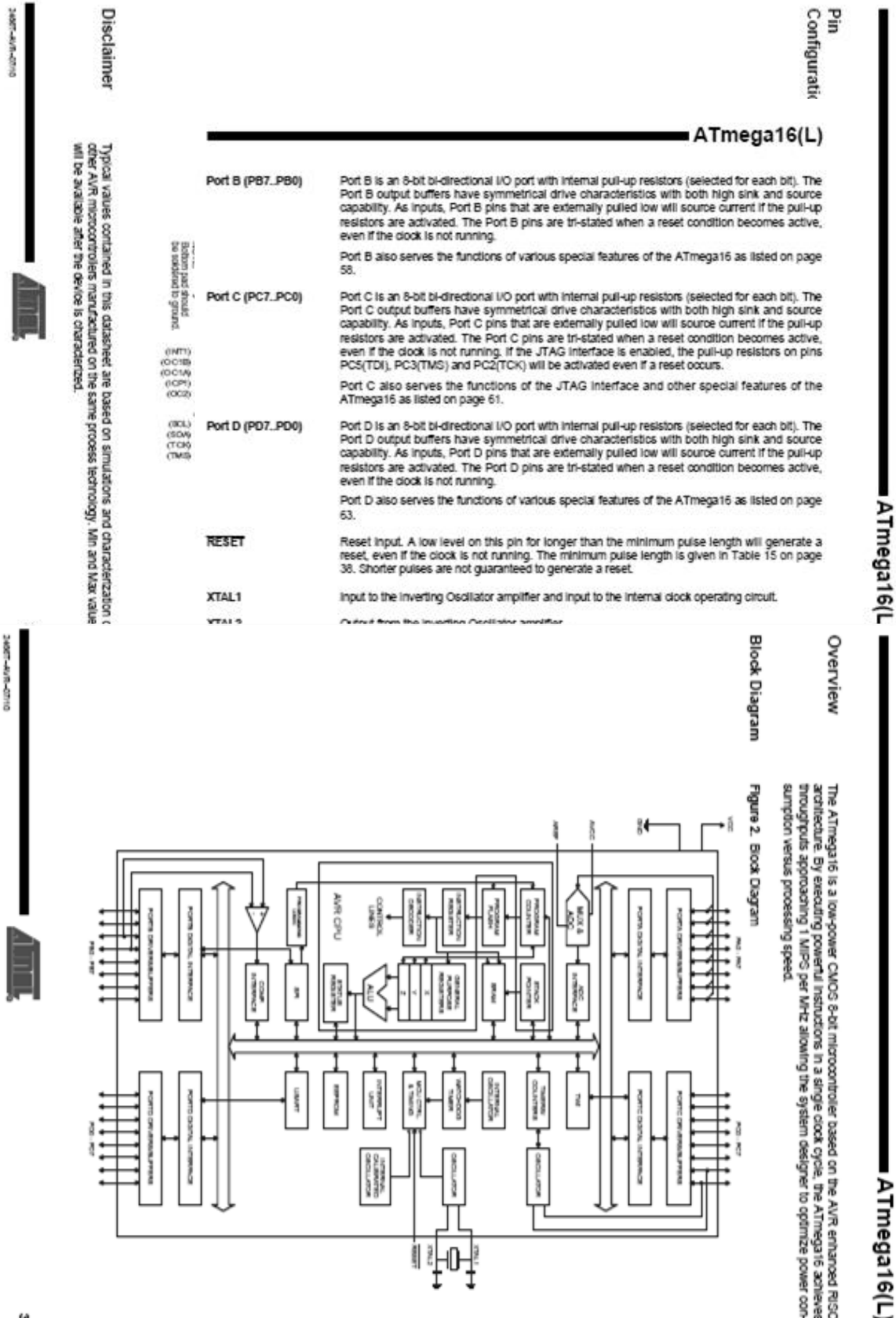
    else
    {
        PORTD.0=1;
    }

    if(x==6)
    {
        lcd_clear();
        lcd_gotoxy(1,0);
        sprintf(temp,"PROSES SELESAI");
        lcd_puts(temp);
    }
}

```

LAMPIRAN V DATA SHEET

Datasheet Mikrokontroler (ATMega16)



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega16 provides the following features: 16 Kbytes of In-System Programmable Flash program memory with Read-While-Write capabilities, 512 bytes EEPROM, 1 Kbyte SRAM, 32 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, a JTAG interface for Boundary-Scan, On-chip Debugging support and programming, three flexible Timer/Counters with compare modes, Internal and External Interrupts, a serial programmable USART, a byte oriented Two-wire Serial Interface, an 8-channel, 10-bit ADC with optional differential input stage with programmable gain (TQFP package only), a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, an SPI serial port, and six software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the USART, Two-wire Interface, A/D Converter, SRAM, Timer/Counters, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next External Interrupt or Hardware Reset. In Power-save mode, the Asynchronous Timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I/O modules except Asynchronous Timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal/resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low-power consumption. In Extended Standby mode, both the main Oscillator and the Asynchronous Timer continue to run.

The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface, by a conventional nonvolatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega16 is a powerful microcontroller that provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

The ATmega16 AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C compiler, macro assemblers, program debuggers/simulators, in-circuit emulators, and evaluation kits.

Pin Descriptions

VCC

GND

Port A (PA0..PA7)

Digital supply voltage.
Ground.

Port A serves as the analog inputs to the A/D Converter.

Port A also serves as an 8-bit bi-directional I/O port. If the A/D Converter is not used, Port pins can provide internal pull-up resistors (selected for each pin). The Port A output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. When pins PA0 to PA7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current if the internal pull-up resistors are activated. The Port A pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.



4

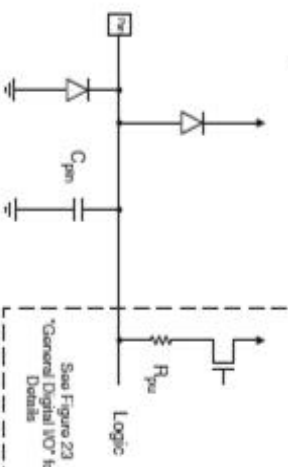
24687-AVR-027110

I/O Ports

Introduction

All AVR ports have true Read-Modify-Write functionality when used as general digital I/O ports. This means that the direction of one port pin can be changed without unintentionally changing the direction of any other pin with the SBI and CBI instructions. The same applies when changing drive value (if configured as output) or enabling/disabling of pull-up resistors (if configured as input). Each output buffer has symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. The pin driver is strong enough to drive LED displays directly. All port pins have internally selectable pull-up resistors with a supply-voltage invariant resistance. All I/O pins have protection diodes to both V_{CC} and Ground as indicated in Figure 22. Refer to "Electrical Characteristics" on page 291 for a complete list of parameters.

Figure 22. I/O Pin Equivalent Schematic



All registers and bit references in this section are written in general form. A lower case "x" represents the numbering letter for the port, and a lower case "n" represents the bit number. However, when using the register or bit defines in a program, the precise form must be used, that is, PORTB3 for bit no. 3 in Port B, here documented generically as PORTxn. The physical I/O registers and bit locations are listed in "Register Description for I/O Ports" on page 66.

Three I/O memory address locations are allocated for each port, one each for the Data Register – PORTx, Data Direction Register – DDIOx, and the Port Input Pins – PINx. The Port Input Pins I/O location is read only, while the Data Register and the Data Direction Register are read/write. In addition, the Pull-up Disable – PUD bit in SFIOR disables the pull-up function for all pins in all ports when set.

Using the I/O port as General Digital I/O is described in "Ports as General Digital I/O" on page 50. Most port pins are multiplexed with alternate functions for the peripheral features on the device. How each alternate function interferes with the port pin is described in "Alternate Port Functions" on page 55. Refer to the individual module sections for a full description of the alternate functions.

Note that enabling the alternate function of some of the port pins does not affect the use of the other pins in the port as general digital I/O.

Ports as General Digital I/O

The ports are bi-directional I/O ports with optional internal pull-ups. Figure 23 shows a functional description of one I/O-port pin, here generically called Pxn.



50

24687-AVR-027110

• ATmega16(L)



Each port pin consists of three register bits: DDMX, PORTN, and PINXN. As shown in "Register Description for I/O Ports" on page 56, the DDMX bits are accessed at the DDMX I/O address, the PORTN bits at the PORTX I/O address, and the PINXN bits at the PINX I/O address.

The **DOXM** bit in the **DOFxn** Register selects the direction of this pin. If **DOxm** is written logic one, **Pxm** is configured as an output pin. If **DOxm** is written logic zero, **Pxm** is configured as an input pin.

If PORTm is written logic one when the pin is configured as an input pin, the pull-up resistor is activated. To switch the pull-up resistor off, PORTm has to be written logic zero or the pin has to be configured as an output pin. The port pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if no clocks are running.

If PORTx is written logic one when the pin is configured as an output pin, the port pin is driven high (one). If PORTx is written logic zero when the pin is configured as an output pin, the port pin is driven low (zero).

When switching between in-state ($\{DDOM, PORTN\} = 0000$) and output high ($\{DDOM, PORTN\} = 0011$), an intermediate state with either pull-up enabled ($\{DDOM, PORTN\} = 0001$) or output low ($\{DDOM, PORTN\} = 0010$) must occur. Normally, the pull-up-enabled state is fully acceptable, as a high-impedance environment will not notice the difference between a strong high driver state and a pull-up; if this is not the case, the PUD bit in the SFCR Register can be set to disable all pull-ups in all ports.

Table 20 summarizes the control signals for the pin value

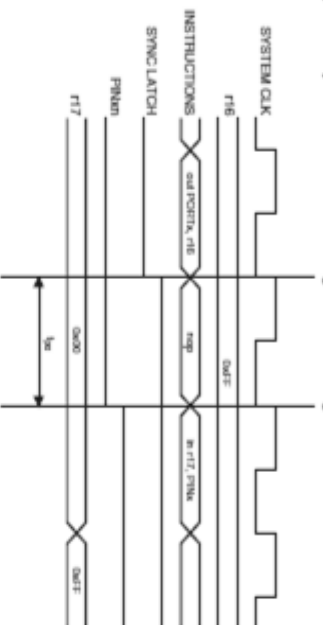
Down	Portion	PUD (in stricken)	W/O	Pull-up	Comment
0	0	X	input	No	Tri-state (H-Z)
0	1	0	input	Yes	Pull will source current if ext. pulled low.
0	1	1	input	No	Tri-state (H-Z)
1	0	X	Output	No	Output Low (Sink)
1	1	X	Output	No	Output High (Source)

independent the setting of Data Direction bit, DDIRn, the pin can be read through the Pinmux Register 0n. As shown in Figure 23, the Pinmux Register 0n and the preceding latch constitute a synchronizer. This is needed to avoid metastability if the physical pin changes value near the edge of the internal clock, but it also introduces a delay. Figure 24 shows a timing diagram of the synchronization when reading an externally applied pin value. The maximum and minimum propagation delays are denoted $t_{pd, max}$ and $t_{pd, min}$ respectively.

Consider the t_{period} starting shortly after the first falling edge of the system clock. The label is closed when the clock is low, and goes transparent when the clock is high, as indicated by the shaded region of the "SYNC LATCH" signal. The signal value is latched when the system clock goes low. It is clocked into the P1Nxn Register at the succeeding positive clock edge. As indicated by the two arrows $t_{\text{LAT}}^{\text{min}}$ and $t_{\text{LAT}}^{\text{max}}$, a single signal transition on the pin will be delayed between $\frac{1}{4}$ and $1\frac{1}{2}$ system clock period depending upon the time of ascent.

When reading back a software assigned pin value, a nop instruction must be inserted as indicated in Figure 25. The out instruction sets the "SYNC LATCH" signal at the positive edge of the clock. In this case, the delay t_{ns} through the synchronizer is one system clock period.

Figure 25. Synchronization when Reading a Software Assigned Pin Value



Analog to Digital Converter

Features

- 10-bit Resolution
- 0.5 LSB Integral Non-Linearity
- ± 2 LSB Absolute Accuracy
- 15 μs - 250 μs Conversion Time
- Up to 15 kSPS at Maximum Resolution
- 8 Multiplexed Single Ended Input Channels
- 7 Differential Input Channels
- 2 Differential Input Channels with Optional Gain of 16x and 200x
- Optional Left Adjustment for ADC Result Readout
- 0 - V_{CC} ADC Input Voltage Range
- Selectable 2.56V ADC Reference Voltage
- Free Running or Single Conversion Mode
- ADC Start Conversion by Auto Triggering on Interrupt Sources
- Interrupt on ADC Conversion Complete
- Sleep Mode Noise Canceler

The ATmega16 features a 10-bit successive approximation ADC. The ADC is connected to an 8-channel Analog Multiplexer which allows 8 single-ended voltage inputs constructed from the pins of Port A. The single-ended voltage inputs refer to 0V (GND).

The device also supports 16 differential voltage input combinations. Two of the differential inputs (ADC1, ADC0 and ADC3, ADC2) are equipped with a programmable gain stage, providing amplification steps of 0 dB (1x), 20 dB (10x), or 46 dB (200x) on the differential input voltage before the A/D conversion. Seven differential analog input channels share a common negative terminal (ADC1) while any other ADC input can be selected as the positive input terminal. If 1x or 10x gain is used, 8-bit resolution can be expected. If 200x gain is used, 7-bit resolution can be expected.

The ADC contains a Sample and Hold circuit which ensures that the input voltage to the ADC is held at a constant level during conversion. A block diagram of the ADC is shown in Figure 98.

The ADC has a separate analog supply voltage pin, AVCC. AVCC must not differ more than $\pm 0.3\text{V}$ from V_{CC} . See the paragraph "ADC Noise Canceler" on page 211 on how to connect this pin.

Internal reference voltages of nominally 2.56V or AVCC are provided On-chip. The voltage reference may be externally decoupled at the AREF pin by a capacitor for better noise performance.



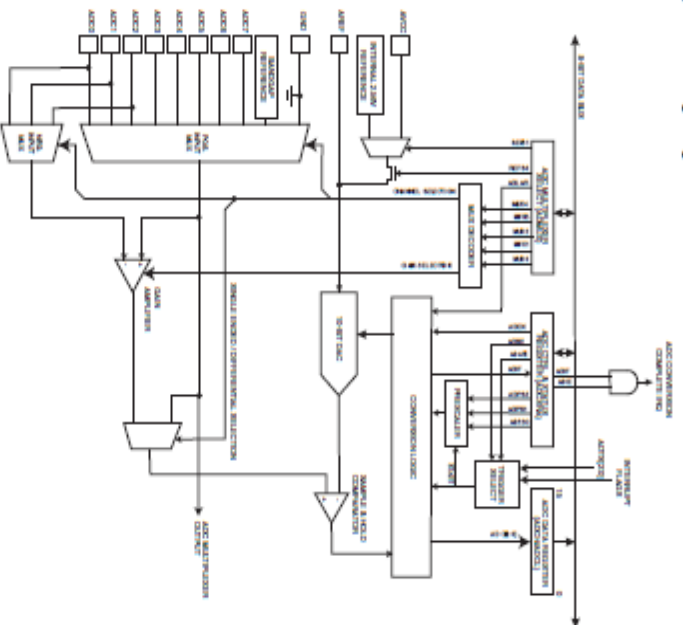
53

204



204

Figure 38. Analog-to-Digital Converter Block Schematic



Starting a Conversion

Operation

The ADC converts an analog input voltage to a 10-bit digital value through successive approximation. The minimum value represents GND and the maximum value represents the voltage on the AREF pin minus 1 LSB. Optionally, AVCC or an internal 2.56V reference voltage may be connected to the AREF pin by writing to the REFSR bits in the ADMUX Register. The internal voltage reference may thus be decoupled by an external capacitor at the AREF pin to improve noise immunity.

The analog input channel and differential gain are selected by writing to the MUX bits in the ADMUX. Any of the ADC input pins, as well as GND and a fixed bandgap voltage reference, can be selected as single-ended inputs to the ADC. A selection of ADC input pins can be selected as positive and negative inputs to the differential gain amplifier.

If differential channels are selected, the differential gain stage amplifies the voltage difference between the selected input channel pair by the selected gain factor. This amplified value then

becomes the analog input to the ADC. If single-ended channels are used, the gain amplifier is bypassed altogether.

The ADC is enabled by setting the ADC Enable bit, ADEN in ADSCRA. Voltage reference and input channel selections will not go into effect until ADEN is set. The ADC does not consume power when ADEN is cleared, so it is recommended to switch off the ADC before entering power saving sleep modes.

The ADC generates a 10-bit result which is presented in the ADC Data Registers, ADCH and ADCL. By default, the result is presented right adjusted, but can optionally be presented left adjusted by setting the ADLAR bit in ADLAR.

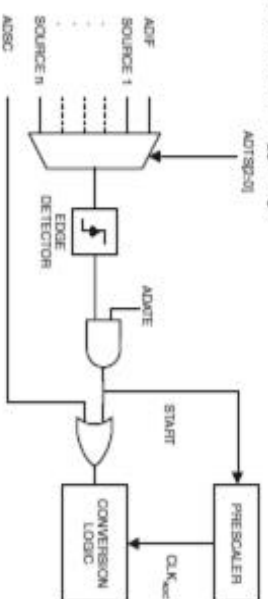
If the result is left adjusted and no more than 6-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH, to ensure that the content of the Data Registers belongs to the same conversion. Once ADCL is read, ADC access to Data Registers is blocked. This means that if ADCL has been read, and a conversion completes before ADCH is read, neither register is updated and the result from the conversion is lost. When ADCH is read, ADC access to the ADCH and ADCL Registers is re-enabled.

The ADC has its own interrupt which can be triggered when a conversion completes. When ADC accesses to the Data Registers is prohibited between reading of ADCH and ADCL, the interrupt will trigger even if the result is lost.

A single conversion is started by writing a logical one to the ADC Start Conversion bit, ADSC. This bit stays high as long as the conversion is in progress and will be cleared by hardware when the conversion is completed. If a different data channel is selected while a conversion is in progress, the ADC will finish the current conversion before performing the channel change.

Alternatively, a conversion can be triggered automatically by various sources. Auto Triggering is enabled by setting the ADC Auto Trigger Enable bit, ADIFR in ADSCRA. The trigger source is selected by setting the ADC Trigger Select bits, ADIFR in ADIFR (see description of the ADIFR bits for a list of the trigger sources). When a positive edge occurs on the selected trigger signal, the ADC prescaler is reset and a conversion is started. This provides a method of starting conversions at fixed intervals. If the trigger signal still is set when the conversion completes, a new conversion will not be started. If another positive edge occurs on the trigger signal during conversion, the edge will be ignored. Note that an interrupt flag will be set even if the specific interrupt is disabled or the global interrupt enable bit in SREG is cleared. A conversion can thus be triggered without causing an interrupt. However, the interrupt flag must be cleared in order to trigger a new conversion at the next interrupt event.

Figure 39. ADC Auto Trigger Logic



ADC Conversion Result

After the conversion is complete (ADIF is high), the conversion result can be found in the ADC Result Registers (ADCL, ADCH). For single ended conversion, the result is

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}}$$

where V_{IN} is the voltage on the selected input pin and V_{REF} the selected voltage reference (see Table 83 on page 217 and Table 84 on page 218). 0x000 represents ground, and 0x3FF represents the selected reference voltage minus one LSB.

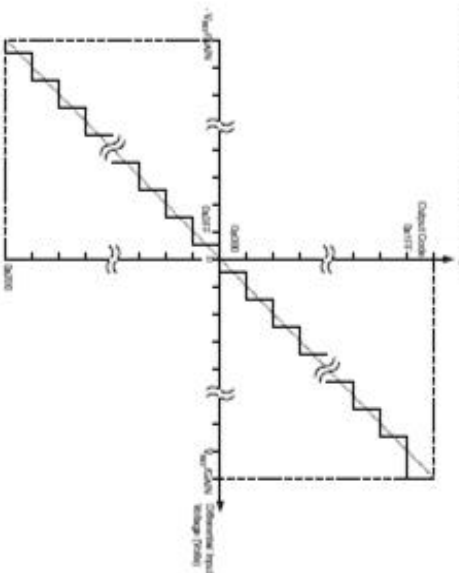
If differential channels are used, the result is

$$ADC = \frac{(V_{POS} - V_{NEG}) \cdot GAIN \cdot 512}{V_{REF}}$$

where V_{POS} is the voltage on the positive input pin, V_{NEG} the voltage on the negative input pin, GAIN the selected gain factor, and V_{REF} the selected voltage reference. The result is presented in two's complement form, from 0x200 (-512) through 0x1FF (+511). Note that if the user wants to perform a quick polarity check of the results, it is sufficient to read the MSB of the result (ADCF in ADCH). If this bit is one, the result is negative, and if this bit is zero, the result is positive. Figure 111 shows the decoding of the differential input range.

Table 82 shows the resulting output codes if the differential input channel pair (ADCF - ADCF) is selected with a gain of GAIN and a reference voltage of V_{REF} .

Figure 111. Differential Measurement Range



stions. For a complete description of this bit, see 'The ADC Data Register - ADCL and ADCR' on page 220.

• Bits 4:0 - MUX4:0: Analog Channel and Gain Selection Bits

The value of these bits selects which combination of analog inputs are connected to the ADC. These bits also select the gain for the differential channels. See Table 84 for details. If these bits are changed during a conversion, the change will not go in effect until this conversion is complete (ADIF in ADCSRA is set).

Table 84. Input Channel and Gain Selections

MUX4:0	Single Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain
00000	ADC0	N/A	N/A	10x
00001	ADC1			
00010	ADC2			
00011	ADC3			
00100	ADC4			
00101	ADC5			
00110	ADC6			
00111	ADC7			
01000	N/A	ADC0	ADC0	10x
01001		ADC1	ADC0	10x
01010		ADC0	ADC1	200x
01011		ADC1	ADC1	200x
01100		ADC2	ADC2	10x
01101		ADC3	ADC2	10x
01110		ADC2	ADC3	200x
01111		ADC3	ADC3	200x
10000		ADC0	ADC1	1x
10001		ADC1	ADC1	1x
10010		ADC2	ADC1	1x
10011		ADC3	ADC1	1x
10100		ADC4	ADC1	1x
10101		ADC5	ADC1	1x
10110		ADC6	ADC1	1x
10111		ADC7	ADC1	1x
11000		ADC0	ADC2	1x
11001		ADC1	ADC2	1x
11010		ADC2	ADC2	1x
11011		ADC3	ADC2	1x
11100		ADC4	ADC2	1x

Table 84. Input Channel and Gain Selections (Continued)

	Simple Ended Input	Positive Differential Input	Negative Differential Input	Gain
MUXA.0		AD05	AD03	1K
111101				
111110	1.2V (V _{DD})			
111111	0 V (GND)			

Control and
Register A -
BRA[illegible]

- Bit 7 - ADEN: ADC Enable
- Writing this bit to one enables the ADC. By writing it to zero, the ADC is turned off. Turning the ADC off while a conversion is in progress, will terminate this conversion.

- **Bit 6 – ADSC:** ADC start Conversion

Voltage on ADC3 is 300 mV, voltage on ADC2 is 500 mV.
 $ADCR = 512 \times 10 \times (300 - 500) / 2560 = -400 = 0x270$
 ADCL will thus read 0x00, and ADCH will read 0x20. Writing zero to ADLAR right adjusts the result. $ADCL = 0x00$, $ADCH = 0x02$.

Example

ADMUX = 0x02 (ADSC3 - ADSC2, 10x gain, 2.56V reference, left adjusted result)

Voltage on ADC3 is 300 mV, voltage on ADC2 is 500 mV.

$$\text{ADCR} = 512 \times 10 \times (300 - 500) / 2560 = -400 = 0 \times 270$$

ADCL will thus read 0x00, and ADCH will read 0x9C. Writing zero to ADLAR right adjusts

the result $ADCL = 0x70$, $ADCH = 0x02$

ADC Multiplexer
Selection Register –
ADMUX

[illegible]

- Bit 7:6 -- REFS1:0: Reference Selection Bits

These bits select the voltage reference for the ADC, as shown in Table 83. If these bits are changed during a conversion, the change will not go in effect until this conversion is complete (ADIF in ADSCFR is set). The internal voltage reference options may not be used if an external reference voltage is being applied to the ADREF pin.

Table 83. Voltage Reference Selections for ADC

REF31	REF30	Voltage Reference Selection
0	0	AREF, Internal Vref turned off
0	1	AVCC with external capacitor at AREF pin
1	0	Reserved
1	1	Internal 2.55V Voltage Reference with external capacitor at AREF pin

- Bit 5 - ADLAR: ADC Left Adjust Result

The ADLAR bit affects the presentation of the ADC conversion result in the ADC Data Register. Write one to ADLAR to left adjust the result. Otherwise, the result is right adjusted. Changing the ADLAR bit will affect the ADC Data Register immediately, regardless of any ongoing conversion.

Table 65. ADC Prescaler Selections

ADP22	ADP31	ADP30	Division Factor
0	0	0	2
0	0	1	2
0	1	0	4
0	1	1	8
1	0	0	16
1	0	1	32
1	1	0	64
1	1	1	128

The ADC Data Register – ADCL and ADCH

ADLAR = 0

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	ADCH
ADCH	ADCF	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADCH
Result/Value	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Input Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ADLAR = 1

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	ADCH
ADCH	ADCF	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADSC	ADCH
Result/Value	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Input Value	0	0	0	0	0	0	0	0	0

When an ADC conversion is complete, the result is found in these two registers. If differential channels are used, the result is presented in two's complement form.

When ADCL is read, the ADC Data Register is not updated until ADCH is read. Consequently, if the result is left adjusted and no more than 8-bit precision is required, it is sufficient to read ADCH. Otherwise, ADCL must be read first, then ADCH.

The ADLAR bit in ADUXR, and the MUXn bits in ADMUX affect the way the result is read from the registers. If ADLAR is set, the result is left adjusted. If ADLAR is cleared (default), the result is right adjusted.

• ADCS:0: ADC Conversion Result

These bits represent the result from the conversion, as detailed in "ADC Conversion Result" on page 216.

24077-ATmega16(L)



LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in $^{\circ}$ Fahrenheit, as the user is not required to select a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm 1/2^{\circ}\text{C}$ over a full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the water level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only 60 μA from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^{\circ}\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CZ, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^{\circ}$ Celsius (Centigrade)
- Linear $\pm 10.0 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to water-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than 60 μA current drain
- Low self-heating, 0.05°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, 0.1Ω for 1 mA load

Typical Applications

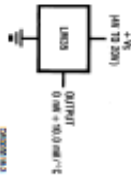


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$)

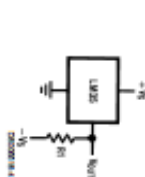


FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



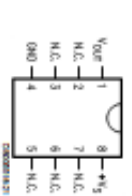
*Pin 4 is connected to negative pin (GND).
Order Number LM35H, LM35CZ, LM35D, LM35CAH or LM35DZ
See NS Package Number H63H

TO-92
Plastic Package



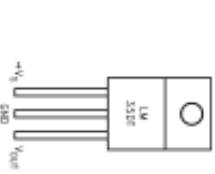
Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number 203A

80-8
Small Outline Molded Package



Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-220
Plastic Package*



*This is connected to the negative pin (GND).
Note: The LM35D7 pinout is different than the discontinued LM35D7P.
Order Number LM35D7
See NS Package Number TA03F

Typical Applications

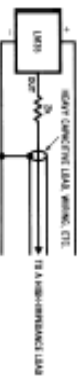


FIGURE 3. LMS3 with Decoupling from Capacitive Load

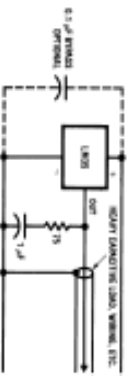


FIGURE 4. LMS3 with R-C Damper

CAPACITIVE LOADS
Like most microprocessor circuits, the LMS3 has a limited ability to drive heavy capacitive loads. The LMS3 by itself is able to drive 50 pF without special precautions. If heavier loads are anticipated, it is easy to isolate or decouple the load with a resistor, see Figure 3. Or you can improve the tolerance of capacitance with a series R-C damper from output to ground, see Figure 4.

When the LMS3 is applied with a 200Ω load resistor as shown in Figure 5, Figure 6 or Figure 8 it is relatively immune to wiring capacitance because the capacitance forms a bypass from ground to input, not on the output. However, as with any linear circuit connected to wires in a hostile environment, its performance can be affected adversely by inductive electromagnetic sources such as relays, radio transmitters, motors with stray brushes, SCR transients, etc. as its wiring can act as a receiving antenna and its internal junctions can act as rectifiers. For best results in such cases, a bypass capacitor from V_{DD} to ground and a series R-C damper such as 75Ω in series with 0.2 or 1 μF from output to ground are often useful. These are shown in Figure 13, Figure 14, and Figure 15.

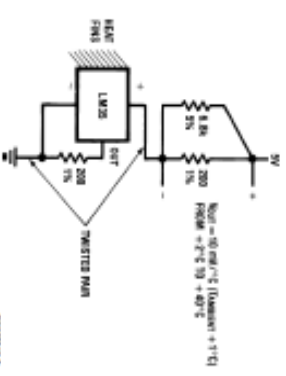


FIGURE 5. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Grounded Sensor)

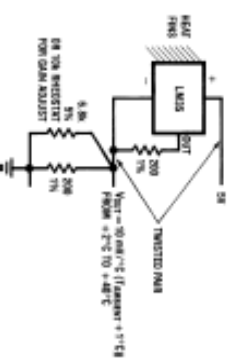


FIGURE 6. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

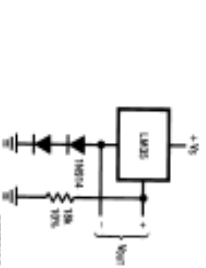


FIGURE 7. Temperature Sensor, Single Supply, -55 to +150°C

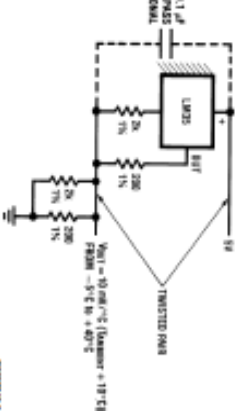


FIGURE 8. Two-Wire Remote Temperature Sensor (Output Referred to Ground)

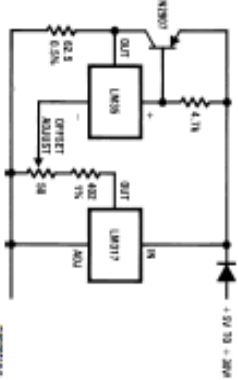


FIGURE 9. 4-to-20 mA Current Source (0°C to +100°C)

Typical Applications (Continued)

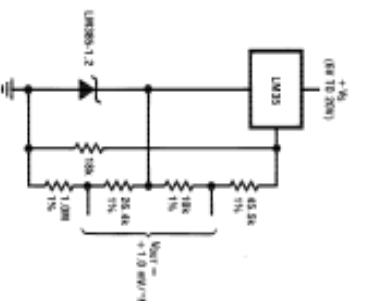


FIGURE 10. Fahrenheit Thermometer

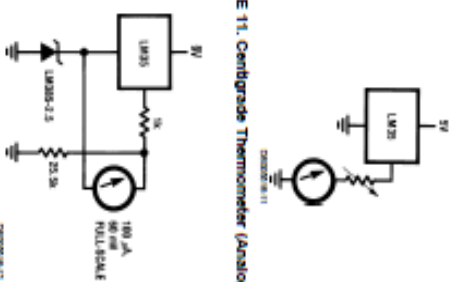


FIGURE 11. Centigrade Thermometer (Analog Meter)

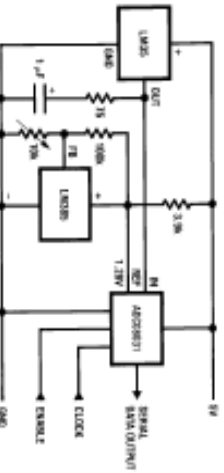


FIGURE 12. Fahrenheit Thermometer Expanded Scale (50° to 80° Fahrenheit, for Example Shown)

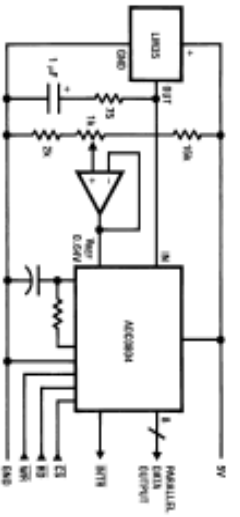
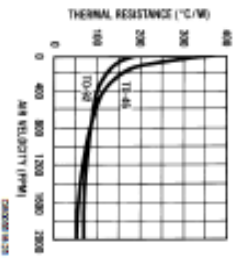


FIGURE 13. Temperature To Digital Converter (Serial Output) (+128°C Full Scale)

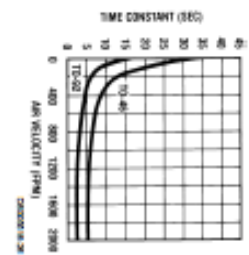
FIGURE 14. Temperature To Digital Converter (Parallel TRI-STATE™ Outputs for Standard Data Bus to μP Interface) (128°C Full Scale)

Typical Performance Characteristics

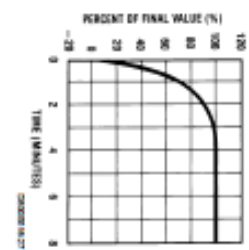
Thermal Resistance
Junction to Air



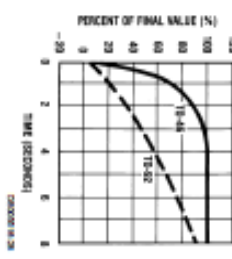
Thermal Time Constant



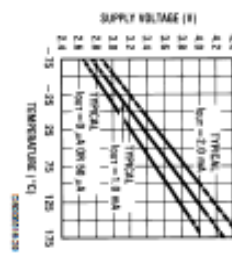
Thermal Response
In Still Air



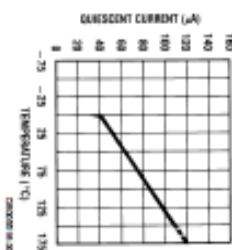
Thermal Response in
Shelter Oil Bath



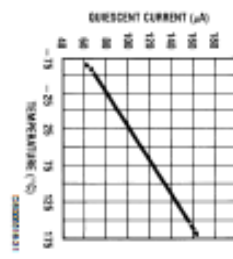
Minimum Supply
Voltage vs. Temperature



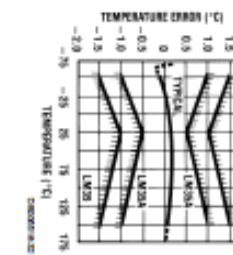
Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 1)



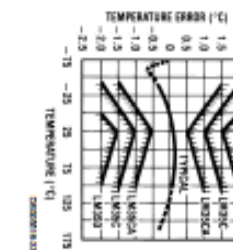
Quiescent Current
vs. Temperature
(In Circuit of Figure 2)



Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)

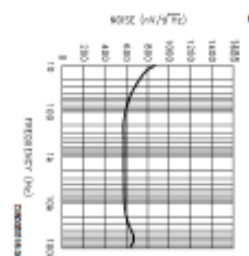


Accuracy vs. Temperature
(Guaranteed)

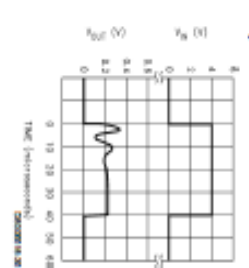


Typical Performance Characteristics (Continued)

Noise Voltage



Start-Up Response



Applications

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

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

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

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

	TO-46	TO-48	TO-48 ¹	TO-92 ¹
no heat sink	no heat sink	no heat sink	no heat sink	no heat sink
small heat sink	small heat sink	small heat sink	small heat sink	small heat sink
500 mW	400°C/W	300°C/W	180°C/W	140°C/W
1000 mW	100°C/W	40°C/W	90°C/W	70°C/W
5000 mW	50°C/W	20°C/W	40°C/W	30°C/W
10000 mW	30°C/W	10°C/W	20°C/W	10°C/W

¹Unlabeled types TO-48 and TO-92 are not available in TO-48 and TO-92 packages. ²Unlabeled types TO-48 and TO-92 are not available in TO-48 and TO-92 packages. ³Unlabeled types TO-48 and TO-92 are not available in TO-48 and TO-92 packages.



LM358-N Low-Power, Dual-Operational Amplifiers

LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N
DS000173 – JANUARY 2000 – REVISED DECEMBER 2014

1 Features

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package. (See AIN-112, [SNVA009](#))
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply: 3V to 32V
 - Or Dual Supplies: $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very Low Supply Current Drain (500 μA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing
- Unique Characteristics:
 - In the Linear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
 - The Unity Gain Crossover Frequency Is Temperature Compensated.
 - The Input Bias Current is also Temperature Compensated.

2 Applications

- Active Filters
- General Signal Conditioning and Amplification
- 4- to 20-mA Current Loop Transmitters

3 Description

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated at the standard 3.3-V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

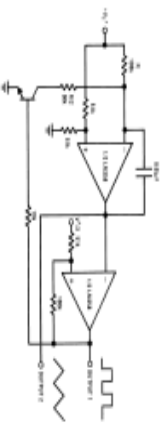
The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using its DSBGA package technology.

Device Information(1)

PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (MM)
LM158-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
LM158-N	COIP (8)	10.16 mm x 6.502 mm
LM258-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
LM258-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM2904-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
LM2904-N	FOIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm
LM2904-N	TO-CAN (8)	9.08 mm x 9.09 mm
LM358-N	DSBGA (8)	1.31 mm x 1.31 mm
LM358-N	SOIC (8)	4.90 mm x 3.91 mm
LM358-N	FOIP (8)	9.81 mm x 6.35 mm

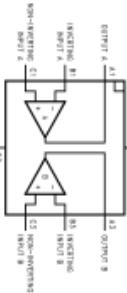
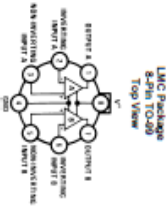
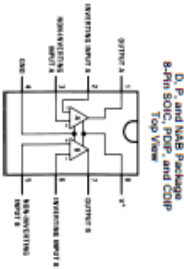
(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Voltage Controlled Oscillator (VCO)



5 Pin Configuration and Functions

LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N
DS000173 – JANUARY 2000 – REVISED DECEMBER 2014



Pin Functions

DS/LMC NO.	DSBGA NO.	NAME	TYPE	DESCRIPTION
1	A1	OUTA	O	Output, Channel A
2	B1	IN+ A	I	Inverting Input, Channel A
3	C1	IN- A	I	Non-Inverting Input, Channel A
4	C2	QND / V-	P	Ground for Single Supply configurations, negative supply for dual supply configurations
5	C3	IN+ B	I	Output, Channel B
6	A3	IN- B	I	Inverting Input, Channel B
7	A3	OUTB	O	Non-Inverting Input, Channel B
8	A2	V+	P	Positive Supply

IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclosures. PRODUCTION DATA.

Copyright © 2000-2014, Texas Instruments Incorporated

Product Folder Link: [LM158-N](#), [LM258-N](#), [LM2904-N](#), [LM358-N](#)

Submit Documentation Feedback

Electrical Characteristics: LM358, LM2904 (continued)

$V^- = -5.0 \text{ V}$, $G_{EE}^{(1)}$, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM358			LM2904			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Common-Mode Voltage Range	$V^+ = 30 \text{ V}$, $S_{EE}^{(1)}$ (LM2904, $V^- = 26 \text{ V}$) $V^+ = +15 \text{ V}$	0		$V^- - 2$	0		$V^- - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V_{IN} = 1 \text{ V to } 11 \text{ V}$							V/mV
	$R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	15			15			
Output Voltage	V_{OH} $V^+ = 30 \text{ V}$ (LM2904, $V^- = 26 \text{ V}$)		26			22		V
Output Current	V_{OH} $V^+ = 5 \text{ V}$, $R_L = 10 \text{ k}\Omega$		27	28		23	24	V
	Source $V_{OH}^{(1)}$ $V^+ = 1 \text{ V}$, $V_{OH}^{(1)} = 0 \text{ V}$		5	20		5	100	mV
	Sink $V_{OH}^{(1)}$ $V^+ = 15 \text{ V}$, $V_{OH}^{(1)} = 0 \text{ V}$		10	20		10	20	mA
	$V_{OH}^{(1)}$ $V^+ = 15 \text{ V}$, $V_{OH}^{(1)} = 2 \text{ V}$		5	8		5	8	mA

6.6 Electrical Characteristics: LM358, LM2904

$V^- = -5.0 \text{ V}$, $G_{EE}^{(1)}$, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM358			LM2904			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$S_{EE}^{(1)}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	2	7	7	2	7		mV
Input Bias Current	I_{BIAS} or I_{B1} , $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{OH} = 0 \text{ V}$, $S_{EE}^{(1)}$	45	250		45	250		nA
Input Offset Current	I_{OS} or I_{O1} , $V_{OH} = 0 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	5	50		5	50		nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V^- = 30 \text{ V}$, $S_{EE}^{(1)}$ (LM2904, $V^- = 26 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	0	$V^- - 1$		0	$V^- - 1.5$		V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = 1 \text{ k}\Omega$ or $10 \text{ k}\Omega$ $V^- = 30 \text{ V}$ (LM2904, $V^- = 26 \text{ V}$)		1	2		1	2	mA
	$V^- = 5 \text{ V}$		0.5	1.2		0.5	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^- = 15 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ (For $V_{OH} = 1 \text{ V to } 11 \text{ V}$)	25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{OH} = 0 \text{ V to } V^- - 1.5 \text{ V}$	65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	(LM2904, $V^- = 5 \text{ V to } 26 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling	$f = 1 \text{ Hz to } 20 \text{ kHz}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referenced, $S_{EE}^{(1)}$)		-120			-120		dB
Output Current	Source							
	$V_{OH}^{(1)} = 1 \text{ V}$							
	$V_{OH}^{(1)} = 0 \text{ V}$	20	40		20	40		mA
	$V^- = 15 \text{ V}$							
	$V_{OH} = 2 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$							
	Sink	$V_{OH}^{(1)} = 1 \text{ V}$, $V_{OH}^{(1)} = 0 \text{ V}$	10	20		10	20	
	$V^- = 15 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$							
	$V_{OH} = 2 \text{ V}$							
	$V_{OH}^{(1)} = 1 \text{ V}$							
	$V_{OH}^{(1)} = 0 \text{ V}$							
	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{OH} = 200 \text{ mV}$	12	50		12	50		μA
	$V^- = 15 \text{ V}$							
Short Circuit to Ground	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $S_{EE}^{(1)}$, $V^- = 15 \text{ V}$	40	60		40	60		mA
Input Offset Voltage	$S_{EE}^{(1)}$		9			10		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_g = 0 \Omega$	7			7			$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	I_{BIAS} or I_{B1}	150			45	200		nA
Input Offset Current Drift	$R_g = 0 \Omega$	10			10			$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	I_{BIAS} or I_{B1}	40	500		40	500		nA

- (1) These specifications are limited to -55°C to $+125^\circ\text{C}$ for the LM158/LM158A, with the LM258/LM258A, all temperature specifications are limited to -25°C to $+85^\circ\text{C}$, the LM358/LM358A temperature specifications are limited to 0°C to $+70^\circ\text{C}$, and the LM2904 are limited to -55°C to $+125^\circ\text{C}$. $V_{OH}^{(1)}$ is the output voltage with $V^- = 0 \text{ V}$ and $V^+ = 30 \text{ V}$ for LM158/LM158A, LM258/LM258A, and LM358/LM358A, and $V^- = 26 \text{ V}$ for LM2904. $V_{OH}^{(1)}$ is the output voltage with $V^- = 0 \text{ V}$ and $V^+ = 26 \text{ V}$ for LM2904.
- (2) The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- (3) The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is $V^- - 1.5 \text{ V}$ (at 25°C), but either or both inputs can go to 32 V without damage (26 V for LM2904), independent of the magnitude of V^- .
- (4) Due to proximity of external components, ensure that coupling is not affecting via stray capacitance between these external parts. This is especially true for the input and output nodes. At high frequencies, the input and output nodes should be bypassed to ground with $0.1 \mu\text{F}$ capacitors.
- (5) Short circuits from the output to V^- can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^- . At values of supply voltage in excess of $+15 \text{ V}$, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

1a/c 10A cubic type
power relays

JS RELAYS



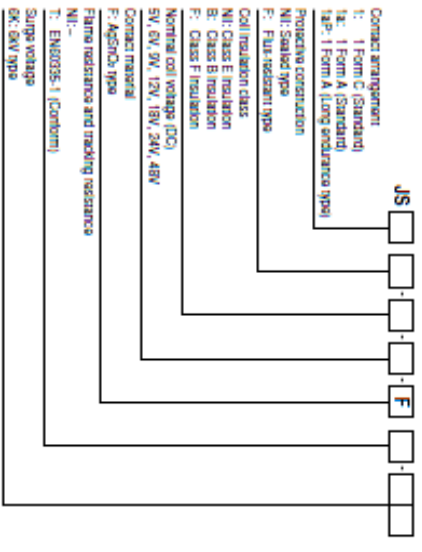
FEATURES

- Miniature size with universal terminal footprint
- High contact capacity: 10 A
- TV-S type available (Standard type)
- 1 Form A type → TV-S
- 1 Form C type → TV-S (N.C. side only)
- VDE, TÜV also approved
- Sealed construction for automatic cleaning (Standard type)
- Class B and F coil insulation type also available.
- EN60335-1 GWT compliant (Tested by VDE) type available
- Surge voltage 6 kV type also available

TYPICAL APPLICATION

1. Home appliances
Air conditioner, heater, etc.
2. Automotive
Power window, car antenna, door lock, etc.
3. Office machines
PFC, facsimile, etc.
4. Wending machines

ORDERING INFORMATION



Standard: 1U, CCA VDE, TÜV (Standard type)
1U, CCA VDE, TÜV (Standard type and EN60335-1 GWT compliant type)
1U, CCA (Open voltage 6kV type)
Note: 1. When ordering TV rated (TV-S) type, please consult us.
2. Contact arrangement 1a/c type is the standard type only (Class B insulation only).

TYPES

Contact arrangement	Normal coil voltage	Sealed type Part No.	Flux sealant type Part No.
1 Form A (Standard)	5V DC	J51A-5V-E	J51A-5V-E
	6V DC	J51A-6V-E	J51A-6V-E
	9V DC	J51A-9V-E	J51A-9V-E
	12V DC	J51A-12V-E	J51A-12V-E
1 Form C (Standard)	5V DC	J51C-5V-E	J51C-5V-E
	6V DC	J51C-6V-E	J51C-6V-E
	9V DC	J51C-9V-E	J51C-9V-E
	12V DC	J51C-12V-E	J51C-12V-E
Long endurance type	5V DC	J51E-5V-E	J51E-5V-E
	6V DC	J51E-6V-E	J51E-6V-E
	9V DC	J51E-9V-E	J51E-9V-E
	12V DC	J51E-12V-E	J51E-12V-E

Standard packing: 100 pcs./box, 500 pcs./box.

Note: 1. Class B and F coil insulation type available.
2. EN60335-1 GWT compliant type available. When ordering, please add suffix "T".
3. Surge voltage 6kV type available. When ordering, please add suffix "6V" (except for long endurance type and EN60335-1 GWT compliant type).
Ex) J51A-6V-T, J51A-6V-6V

RATING

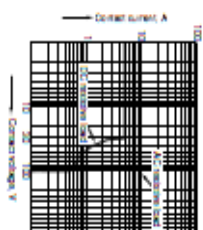
1. COIL DATA					
Normal coil voltage (at 20°C (68°F))	Pick-up voltage (at 20°C (68°F))	Drop-out voltage (at 20°C (68°F))	Normal operating current (at 20°C (68°F))	Coil resistance (at 20°C (68°F))	Normal operating power (at 20°C (68°F))
5V DC	70% of rated voltage	10% of rated voltage	72 mA	60 Ω	4.32 W
6V DC	70% of rated voltage	10% of rated voltage	40 mA	220 Ω	2.40 W
9V DC	70% of rated voltage	10% of rated voltage	30 mA	400 Ω	2.70 W
12V DC	70% of rated voltage	10% of rated voltage	20 mA	600 Ω	2.40 W
40V DC	70% of rated voltage	10% of rated voltage	12 mA	1,000 Ω	1.44 W

Note: * When using relays in a high ambient temperature, consider the pick-up voltage rise due to the high temperature (a rise of approx. 0.4% for each 1°C (33.8°F) with 20°C (68°F) as a reference) and use a coil impedance voltage that is within the maximum applied voltage range.

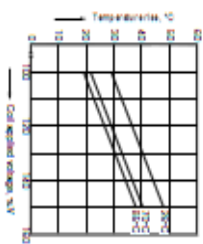
2. Specifications		
Characteristics	Item	Specifications
Construction	Conduct material Contact resistance (mΩ) Welding method	Max. 100 mΩ (by voltage drop 6.0 V DC 1A) Ag-CdNi type 1 from A, 1 from C
Current	Normal switching capacity (Amps/line) Max. switching power (Amps/line load)	10 A 250 V AC (NO), 10 A 125 V AC 6 A 277 V AC, 5 A 300 V DC 2,700VA 150V (NO), 1,650VA 150V (NC)
Rating	Max. switching current Normal operating power Max. switching capacity Max. switching voltage Max. switching power	250V AC, 100V DC (2.5A) 10A (AC), 5A (DC) 300W 100VA, 5V DC
Electrical characteristics	Insulation resistance (min) Dielectric strength Temperature rise (°C)	Min. 100MΩ (at 500V DC) Measurement at same location as breakdown voltage section 750 Vrms for 1 min. (breakdown current 10 mA) Max. 20°C (60°F) (by sensitive method, nominal coil voltage applied to the coil, 0.5A rms in-circuit current, 10A, at 10°C, 100%)
Mechanical characteristics	Operation time (at normal voltage) (at 20°C (68°F)) Release time (at normal voltage) (at 20°C (68°F)) Shock resistance Vibration resistance Mechanical life (50% operation)	Max. 100 ms (at normal voltage section 11 and 12) (NO and NC) 80 ms (at 100 ms (at normal voltage section 11 and 12) (NO and NC)) 980 ms (1 ms) (at same position of test item 6.1 ms) 10 to 50 Hz at double amplitude of 1.6 mm (Discontin. time: 10s) 10 to 50 Hz at double amplitude of 2 mm Min. 10⁷
Expected life	Electrical (Amps/line load)	1,500 100A 125V AC, 6A 277V AC, 5A 300V DC 50A 100V AC, 10A 125V AC 10A 250V AC
Conditions	Conditions for operation, transport and storage*	Operating temperature: -40°C to +105°C (NO), -40°C to +100°C (NC) Storage temperature: -40°C to +105°C (NO), -40°C to +100°C (NC) Humidity: 5 to 95% RH (NO), 5 to 90% RH (NC) (condensing at low temperature) 20 Immersion (at normal switching capacity) Agilent 17.2, 400 ms

REFERENCE DATA

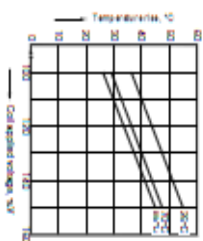
- #### 4. Maximum value for switching capacity



- 2-(1) Coil temperature rise
Sample: 5 pcs., 151w 24V-F
Measured portion: inside the coil
Contact current: 5 A



- 2-(2) Coil temperature rise
Example: 5 pcs., 151w, 24V-F
Measured portion: Inside the coil
Contact current: 10 A



All Rights Reserved © Copyright Panasonic Electric Works Co., Ltd.