

**ALAT PENDETEKSI KUALITAS YOGHURT
BERDASARKAN TINGKAT KEASAMAN DAN
KADAR LEMAK**

**SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**LALU RIZA ALIYAN
NIM. 0410630053-63**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2009**

**ALAT PENDETEKSI KUALITAS YOGHURT
BERDASARKAN TINGKAT KEASAMAN DAN
KADAR LEMAK**

**SKRIPSI
KONSENTRASI ELEKTRONIKA**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

LALU RIZA ALIYAN
NIM. 0410630053-63

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Panca Mudjirahardjo, ST., MT
NIP. 132 288 163

Ir. Ponco Siwindarto, MS
NIP. 131 837 966

ALAT PENDETEKSI KUALITAS YOGHURT BERDASARKAN TINGKAT KEASAMAN DAN KADAR LEMAK

Disusun Oleh :

LALU RIZA ALIYAN
NIM. 0410630053-63

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 20 Februari 2009

Majelis Penguji :

Ir. Nurussa'adah, MT
NIP. 131 994 339

DR. Agung Darmawansyah, ST., MT
NIP. 132 231 563

Ir. M. Julius St., MS
NIP. 131 124 655

Mengetahui :
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom.
NIP. 131 879 033



PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Pada skripsi ini, penulis berusaha menuangkan hasil penerapan teori-teori di bangku kuliah, buku-buku referensi, jurnal-jurnal, bimbingan dosen serta dari sumber-sumber lain yang mendukung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih sedalam-dalamnya kepada :

1. Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom selaku ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
2. Ir. M. Julius, MS selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Teknik Elektronika atas segala ilmu, saran dan bantuan yang diberikan.
3. Panca Mudjirahardjo, ST.,MT dan Ir. Ponco Siwindarto, MS selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Mama & Papa, adikku serta seluruh keluargaku atas segala doa, dukungan dan semangatnya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Irma Sarita yang telah banyak memberikan semangat dan bantuan moril dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini.
6. Teman-teman seperjuangan angkatan 2004 serta teman-teman eLKa-mania yang telah banyak memberikan bantuan baik itu teknis maupun non-teknis.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat di masa-masa mendatang. Amin.

Malang, 4 Maret 2009

Penyusun

ABSTRAK

LALU RIZA ALIYAN, Jurusan Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2009, *Alat Pendeteksi Kualitas Yoghurt Berdasarkan Tingkat Keasaman dan Kadar Lemak*, Dosen Pembimbing : Panca Mudjirahardjo, ST, MT dan Ir. Ponco Siwindarto, MS.

Penentuan kualitas bahan makanan dirasa sangatlah penting, karena bagaimanapun juga kualitas bahan makanan akan menentukan tingkat kesehatan tubuh manusia. Tidak terkecuali yoghurt, dimana jenis bahan makanan ini banyak diolah menjadi berbagai macam pruduk. Banyak parameter yang digunakan dalam menentukan standar kualitas yoghurt, diantaranya yaitu tingkat keasaman dan kadar lemak.

Pada kenyataan di lapangan tidak semua produsen yoghurt memperhatikan standar kualitas yang telah ditentukan. Beberapa produsen memproduksi yoghurt tanpa memperdulikan faktor kualitas, diantaranya yaitu pH dan kadar lemak. Misalnya saja dalam proses inkubasi, produsen tidak memperhatikan berapa batas pH asam laktat yang diijinkan. Contoh lain yaitu banyak produsen yang sengaja mencampur bahan utama pembuat yoghurt yaitu susu dengan bahan lain seperti tepung dan larutan kimia, sehingga kadar laktosa dan lemak yang ada dalam susu semakin berkurang. Oleh karena itu, maka diperlukan adanya suatu alat yang dapat mendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan parameter tersebut.

Pada perancangan alat pendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak, ada beberapa sensor yang digunakan, yaitu sensor suhu, sensor pH, dan instrumen spektrofotometri. Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu di dalam ruangan, karena alat ini hanya bekerja pada suhu ruangan, dalam hal ini antara suhu 25 – 30 °C. Sensor pH dan intrumen spektrofotometri masing-masing digunakan untuk mengukur pH (derajat keasaman) dan kadar lemak yang terkandung di dalam yoghurt. Dari hasil pengujian secara keseluruhan pada suhu ruangan antara 27 – 29 °C, pH yoghurt yang paling baik berkisar antara 3,8 sampai 4,6. Sedangkan kadar lemak yang paling baik untuk yoghurt berkisar antara 2% – 3,5%.

Kata kunci : *yoghurt, pH (derajat keasaman), kadar lemak, suhu, kualitas, sensor pH, instrumen spektrofotometri, sensor suhu.*

DAFTAR ISI

Pengantar..... i
 Abstrak..... ii
 Daftar Isi..... iii
 Daftar Tabel..... vi
 Daftar Gambar vii

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang 1
 1.2. Rumusan Masalah 2
 1.3. Batasan Masalah..... 3
 1.4. Tujuan..... 3
 1.5. Sistematika Penulisan..... 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 5

2.1. Tingkat Keasaman Yoghurt..... 5
 2.2. Kadar Lemak Yoghurt..... 6
 2.2.1 Analisis Kadar Lemak Yoghurt..... 7
 2.2.2 Klasifikasi Yoghurt..... 7
 2.3 Sensor pH..... 8
 2.4 Metode Spektrofotometri..... 11
 2.4.1 Instrumen Spektrofotometri..... 12
 2.4.2 Pemilihan Panjang Gelombang..... 13
 2.4.3 Detektor..... 14
 2.5 Sensor Suhu LM35..... 14
 2.6 Penguat Operasional..... 14
 2.6.1 Penguat Membalik..... 15
 2.6.2 Penguat Tak Membalik..... 15
 2.6.3 Pengubah Arus ke Tegangan..... 16
 2.6.4 Penguat Instrumentasi..... 17
 2.6.5 Rangkaian Penyangga (*Buffer*)..... 18



2.7	Mikrokontroler ATmega8535	19
2.8	<i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	25
2.9	Indikator LED	27

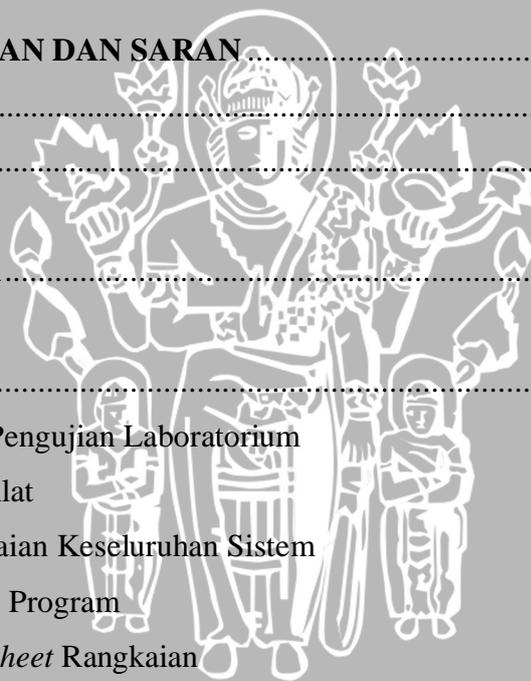
BAB III METODOLOGI

3.1	Studi Literatur	28
3.2	Perancangan Alat.....	28
3.3	Pembuatan Alat	29
3.4	Pengujian Alat.....	29
3.5	Penyusunan Kesimpulan.....	31

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

4.1.	Spesifikasi Alat	32
4.2.	Blok Diagram Sistem	33
4.3.	Prinsip Kerja Alat.....	34
4.4.	Perancangan Perangkat Keras	35
4.4.1	Detektor Kadar Lemak	35
4.4.1.1	Rangkaian Sumber Cahaya	35
4.4.1.2	Rangkaian Penerima Cahaya.....	35
4.4.2	Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak.....	36
4.4.3	Karakteristik Sensor pH	38
4.4.4	Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman.....	39
4.4.5	Rangkaian Sensor Suhu.....	42
4.4.5.1	Sensor suhu LM35.....	42
4.4.5.2	Rangkaian Penguat Non-Inverting	42
4.4.6	Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535.....	43
4.4.7	Rangkaian LCD	44
4.4.8	Indikator LED.....	45
4.5.	Perancangan Perangkat Lunak.....	46
4.5.1	Perangkat Lunak Mikrokontroler ATmega8535 dengan ADC47	
4.5.2	Perangkat Lunak Mikrokontroler ATmega8535 dengan LCD48	
4.5.3	Perangkat Lunak Mikrokontroler ATmega8535 dengan LED49	

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS	51
5.1 Pengujian Detektor Kadar Lemak.....	51
5.2 Pengujian Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan.....	53
5.3 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak.....	55
5.4 Pengujian Elektroda pH.....	56
5.5 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman.....	58
5.6 Pengujian Detektor Suhu.....	59
5.7 Pengujian <i>Analog to Digital Converter</i>	61
5.8 Pengujian <i>Liquid Crystal Display</i>	63
5.9 Pengujian Indikator LED.....	65
5.10 Pengujian Keseluruhan Sistem.....	67
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	71
6.1. Kesimpulan.....	71
6.2. Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	75
Lampiran 1 Hasil Pengujian Laboratorium	
Lampiran 2 Foto Alat	
Lampiran 3 Rangkaian Keseluruhan Sistem	
Lampiran 4 <i>Listing Program</i>	
Lampiran 5 <i>Data Sheet Rangkaian</i>	



DAFTAR TABEL

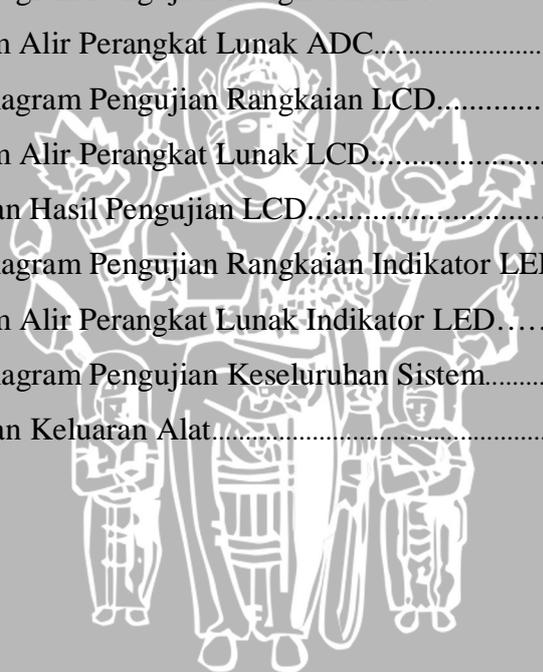
Tabel 2.1	Komposisi Kimia di dalam Yoghurt.....	7
Tabel 2.2	Warna dan warna komplementer spektrum cahaya.....	2
Tabel 2.3	Tabel I/O LCD.....	26
Tabel 4.1	Hubungan antara Derajat Keasaman dengan Tegangan Keluaran	39
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Detektor Kadar Lemak.....	52
Tabel 5.2	Hasil Pengujian dan Analisis Data Rangkaian Pengubah I ke V..	54
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Pengkondisi Sinyal Detektor K. Lemak.....	56
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Elektroda pH.....	57
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Rangk. Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman.	59
Tabel 5.6	Hasil Pengujian Detektor Suhu.....	60
Tabel 5.7	Data Hasil Pengujian ADC.....	63
Tabel 5.8	Hasil Pengujian Rangkaian Indikator LED.....	67
Tabel 5.9	Data Hasil Perbandingan Pengujian Lab. dan Keluaran Alat.....	68
Tabel 5.10	Data Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem.....	69



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Elemen Elektroda Gelas.....	9
Gambar 2.2.	Grafik Pengaruh Suhu terhadap Respon Elektroda pH.....	10
Gambar 2.3.	Macam-macam bentuk Elektroda pH.....	11
Gambar 2.4.	Spektrum Warna Cahaya Tampak.....	11
Gambar 2.5.	Instrumen Spektrofotometri secara umum.....	13
Gambar 2.6.	Rangkaian Dasar IC LM35.....	14
Gambar 2.7.	Penguat Operasional.....	15
Gambar 2.8.	Penguat Membalik.....	15
Gambar 2.9	Penguat Tak Membalik.....	16
Gambar 2.10	Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan.....	17
Gambar 2.11	Rangkaian Penguat Instrumentasi.....	17
Gambar 2.12	Konfigurasi Pin IC AD620.....	18
Gambar 2.13	Rangkaian Penyangga.....	19
Gambar 2.14	Blok Diagram ATmega8535.....	21
Gambar 2.15	Konfigurasi Pin ATmega8535.....	22
Gambar 2.16	Konfigurasi memori data ATmega8535.....	24
Gambar 2.17	Memori Program ATmega8535.....	25
Gambar 2.18	Diagram Blok LCD.....	26
Gambar 2.19	LED.....	27
Gambar 4.1	Blok Diagram Sistem.....	33
Gambar 4.2	Rangkaian Sumber Cahaya.....	35
Gambar 4.3	Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan.....	36
Gambar 4.4	Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak.....	38
Gambar 4.5	Grafik Tegangan Keluaran Elektroda pH.....	39
Gambar 4.6	Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman.....	40
Gambar 4.7	Rangkaian Sensor Suhu.....	42
Gambar 4.8	Rangkaian Penguat Non-inverting.....	42
Gambar 4.9	Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535.....	44
Gambar 4.10	Konfigurasi Pin LCD.....	45
Gambar 4.11	Rangkaian Indikator LED.....	45

Gambar 4.12	Alur Program Secara Keseluruhan	47
Gambar 4.13	Diagram Alir Mikrokontroller Atmega8535 dengan ADC	48
Gambar 4.14	Diagram Alir Perangkat Lunak Mikrokontroller denan LCD.....	49
Gambar 4.15	Diagram Alir Perangkat Lunak Mikrokontroller dengan LED.....	50
Gambar 5.1.	Tegangan Keluaran Detektor sebagai Fungsi Kadar Lemak.....	52
Gambar 5.2.	Diagram Pengujian Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan.....	54
Gambar 5.3.	Blok Diagram Pengujian Pengkondisi Sinyal Detektor K. Lemak	55
Gambar 5.4.	Blok Diagram Pengujian Elektroda pH.....	57
Gambar 5.5.	Grafik Tegangan Keluaran Elektroda pH sebagai Fungsi pH.....	57
Gambar 5.6.	Blok Diagram Pengujian Pengkondisi Sinyal Detektor.....	58
Gambar 5.7.	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Detektor Suhu.....	60
Gambar 5.8.	Blok Diagram Pengujian Rangkaian ADC.....	62
Gambar 5.9.	Diagram Alir Perangkat Lunak ADC.....	62
Gambar 5.10.	Blok Diagram Pengujian Rangkaian LCD.....	64
Gambar 5.11.	Diagram Alir Perangkat Lunak LCD.....	64
Gambar 5.12.	Tampilan Hasil Pengujian LCD.....	65
Gambar 5.13.	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Indikator LED.....	66
Gambar 5.14.	Diagram Alir Perangkat Lunak Indikator LED.....	66
Gambar 5.15.	Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem.....	68
Gambar 5.16.	Tampilan Keluaran Alat.....	69



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Yoghurt merupakan salah satu jenis bahan makanan yang banyak diolah menjadi berbagai macam produk. Yoghurt merupakan hasil dari proses fermentasi susu. Pada dasarnya sangat penting untuk menentukan kualitas bahan pangan dalam hal ini yoghurt, mengingat bahan pangan ini dikonsumsi oleh banyak orang. Sehingga sangat perlu untuk diteliti apakah jenis bahan pangan ini layak dikonsumsi atau tidak.

Pada umumnya kualitas yoghurt dapat ditentukan oleh tingkat keasaman dan kadar lemak. Untuk faktor keasaman sangat perlu diperhatikan dalam salah satu proses pembuatan yoghurt yaitu proses inkubasi. Proses inkubasi dinyatakan selesai jika keasaman susu sudah mencapai 0,85–0,95% atau pH 4–4,5 sebagai asam laktat. Yoghurt yang baik memiliki total asam laktat sekitar 0,85–0,95%. Sedangkan derajat keasaman (pH) yang sebaiknya dicapai oleh yoghurt sekitar 4,5. Yoghurt yang mempunyai kadar asam 2,4–4,5% dan pH 3,5–5, tampak lebih kental dari susu, rasanya asam dan teksturnya halus (Idris, 1995). Sedangkan untuk kadar lemak, yoghurt yang paling baik mempunyai kadar lemak sekitar 1–3% (Widodo, 2003).

Dengan semakin berkembangnya teknologi banyak cara dilakukan orang untuk mengolah yoghurt. Proses pembuatan yoghurt sendiri mempunyai beberapa tahapan antara lain pemanasan (pasteurisasi), pendinginan, inokulasi starter, inkubasi (pemeraman) dan penyimpanan. Dalam setiap tahapan pembuatan sangat perlu diperhatikan faktor-faktor kualitas agar nantinya kualitas yoghurt yang dihasilkan dapat dikatakan bermutu (Anonymous, 2003).

Selama ini alat untuk mendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak baru dilakukan secara manual menggunakan alat seperti pH-meter dan metode *babcock* ataupun metode *gerber* (Suhardi, 2007). Metode seperti ini tentunya mempunyai beberapa kelemahan antara lain terjadi kesalahan paralaks pada pembacaan yang dapat disebabkan oleh kesalahan si

pembaca atau kesalahan alat ukur itu sendiri. Yang kedua tidak semua orang mempunyai pengetahuan khusus tentang standar kualitas yoghurt.

Untuk mengatasi permasalahan diatas maka perlu dibuat suatu alat yang dapat mengetahui standar kualitas yoghurt secara otomatis. Alat ini berfungsi untuk mengetahui standar kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak. Dengan dibuatnya alat ini maka diharapkan penentuan standar kualitas yoghurt tidak lagi dilakukan secara manual sehingga memungkinkan terjadinya kesalahan-kesalahan. Dengan demikian produk yoghurt yang dihasilkan produsen dapat dipantau dan diketahui tingkatan kualitasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah tersebut dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara merancang dan membuat suatu alat yang mendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak
- b. Bagaimana cara merancang dan membuat detektor keasaman dan kadar lemak.
- c. Bagaimana merancang dan membuat *hardware* untuk *interface* mikrokontroler AVR tipe ATmega8535 dengan rangkaian detektor.
- d. Bagaimana merancang dan membuat *software* untuk *interface* mikrokontroler AVR tipe ATmega8535 dengan rangkaian detektor.
- e. Bagaimana merancang dan membuat *interface* rangkaian LCD dan indikator LED dengan mikrokontroler AVR tipe ATmega8535.
- f. Bagaimana cara mengoperasikan alat pendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak.

1.3 Batasan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang telah dirumuskan, maka hal-hal yang berkaitan dengan alat yang akan dibuat, diberi batasan sebagai berikut:

- a. Menekankan pada perancangan, pembuatan, dan pengujian alat pendeteksi kuliatas yoghurt.

- b. Detektor keasaman menggunakan sensor pH yang dapat mengukur pH (derajat keasaman) antara 3 – 7.
- c. Pengukuran kualitas yoghurt dilakukan di laboratorium sehingga temperatur pengukuran hanya dilakukan pada suhu kamar antara 25 – 30 °C.
- d. Detektor kadar lemak menggunakan metode spektrofotometri, dimana spektrum kepekatan kadar lemak yoghurt terdapat pada warna kuning dengan panjang gelombang antara range 560-595 nm.
- e. Menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengolah data input/output.
- f. Keluaran dari sistem ini akan ditampilkan di LCD dan telah disesuaikan dengan standar kualitas yoghurt.

1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah untuk merancang suatu alat yang dapat menentukan kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak secara otomatis, sehingga dapat menggantikan metode lama yang mempunyai beberapa kelemahan.

1.5 Sistematika Penulisan

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

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat pendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak.

BAB III Metodologi

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian yang terdiri dari studi literatur, perancangan dan

pembuatan alat, pengujian alat, serta pengambilan kesimpulan dan saran.

BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Alat

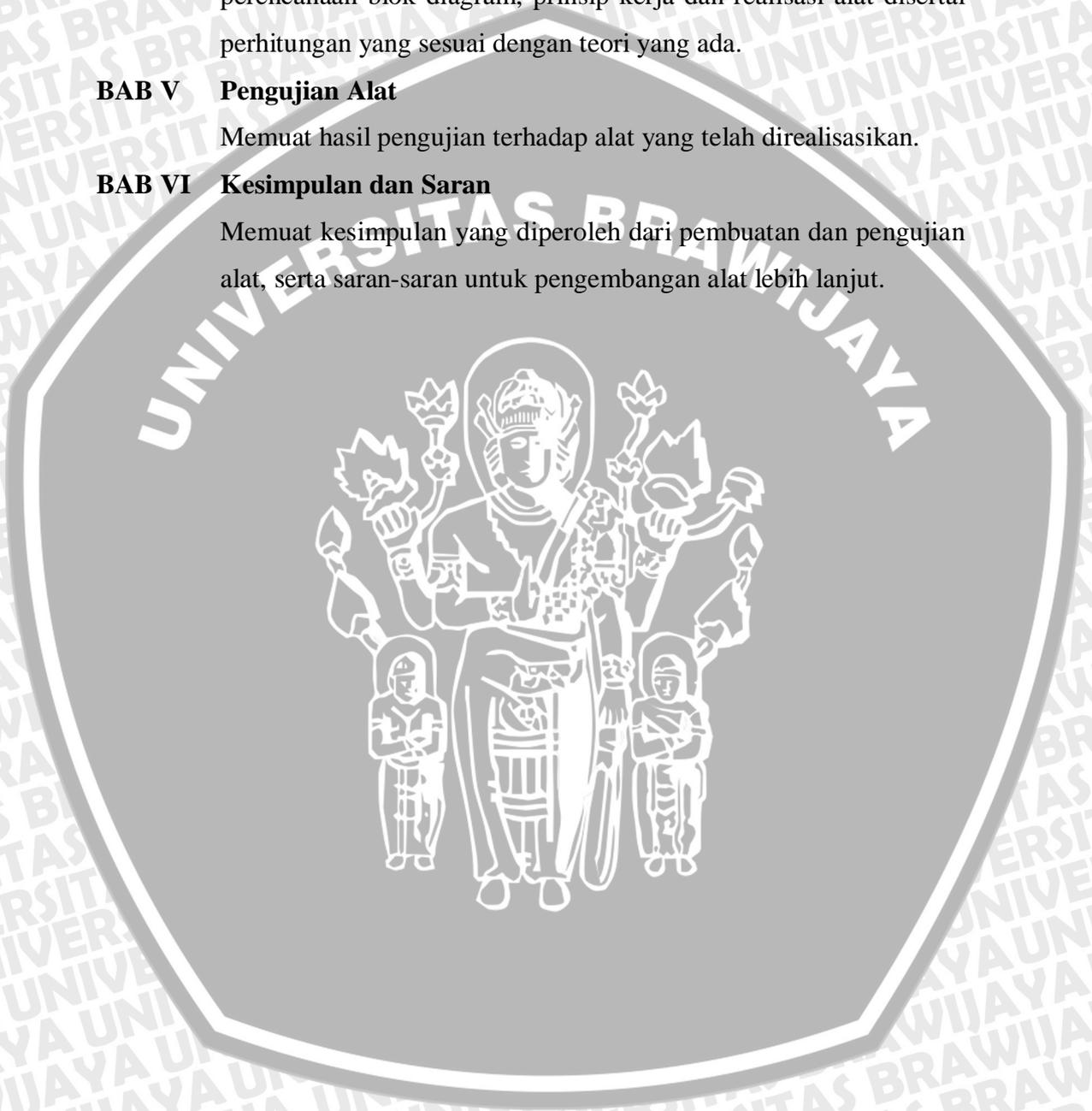
Perancangan dan perealisasiian alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan realisasi alat disertai perhitungan yang sesuai dengan teori yang ada.

BAB V Pengujian Alat

Memuat hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Memuat kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian alat, serta saran-saran untuk pengembangan alat lebih lanjut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Yoghurt merupakan salah satu jenis bahan makanan yang banyak diolah menjadi berbagai macam produk. Yoghurt sendiri merupakan hasil dari proses fermentasi susu. Pada dasarnya sangat penting untuk menentukan kualitas bahan pangan dalam hal ini yoghurt, mengingat bahan pangan ini dikonsumsi oleh banyak orang. Salah satu parameter yang menentukan baik tidaknya kualitas yoghurt adalah tingkat keasaman dan kadar lemak. Tingkat keasaman yoghurt yang baik adalah berkisar antara pH 3,8 - 4,6. Sedangkan kadar lemak yoghurt yang ideal berkisar antara 2 - 3,5%.

Untuk merancang dan membuat alat pendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak, diperlukan pemahaman terhadap beberapa teori yang mendukung. Pemahaman ini bertujuan agar sistem yang dibuat dapat sesuai dengan tujuan perancangan. Sistem ini terdiri dari sebuah mikrokontroler ATmega8535 sebagai unit pengontrol sistem secara keseluruhan. Detektor pH yang terdiri dari sebuah sensor pH, rangkaian pengkondisi sinyal, detektor ini berfungsi untuk mengukur besarnya kadar keasaman yang terdapat di dalam yoghurt. Detektor kadar lemak yang menggunakan metode spektrofotometri, dalam hal ini menggunakan sumber cahaya berupa LED dan fotodiode sebagai penerima intensitas cahaya, rangkaian pengkondisi sinyal, fungsi dari detektor lemak yaitu untuk mengukur besarnya kadar lemak berdasarkan intensitas cahaya yang masuk. LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai unit penampil dari keluaran yang diinginkan. Indikator LED berfungsi sebagai keluaran yang menandakan apakah yoghurt masih dalam kualitas yang baik atau tidak.

2.1 Tingkat Keasaman Yoghurt

Yoghurt disukai karena rasa segar, tekstur, dan aromanya yang khas. Citarasa yoghurt itu disebabkan timbulnya asam laktat, asam asetat, karbonil, asetaldehida, aseton, aseton, diasetil, dan lain-lain (Anonymous, 2003). Pada umumnya yoghurt dibuat dari susu segar dengan penambahan susu skim 2,5% dan

gula pasir sebanyak 3%. Hal ini bertujuan untuk menentukan lama fermentasi. Untuk menentukan lama fermentasi dan persentase penambahan kultur starter, digunakan *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dengan perbandingan 1:2. Hasil yang optimal dicapai dengan penambahan persentase kultur starter sebanyak 2% dan lama fermentasi selama 3 jam. Yoghurt yang dihasilkan pada kondisi ini mempunyai pH 4,33 dan total asam 0,97%. Yoghurt yang baik memiliki total asam laktat sekitar 0,85-0,95 persen. Sedangkan pH yang sebaiknya dicapai oleh yoghurt sekitar 4,5.

Kriteria selesainya fermentasi biasanya mengacu pada nilai keasaman yoghurt yang dihasilkan. Yoghurt yang baik mempunyai nilai total asam 0,90-0,95 %, pH antara 3,8-4,6 (Tamime and Robinson, 1985). Yoghurt mempunyai kadar asam 2,4-4,5% dan pH 3,5-5, tampak lebih kental dari susu, rasanya asam dan teksturnya halus (Idris, 1995). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa, yoghurt yang kualitasnya baik mempunyai derajat keasaman ideal antara pH 3,8-4,6, antara pH 3,5-3,8 dan 4,6-5 kualitas yoghurt dapat dikatakan kurang baik tapi masih layak untuk dikonsumsi, dan diluar itu maka kualitas yoghurt tidak baik dan tidak layak untuk dikonsumsi.

2.2 Kadar Lemak Yoghurt

Lemak susu secara umum merupakan senyawa kimia yang masuk dalam kelompok ester yang tersusun atas asam-asam lemak dan gliserol. Sembilan puluh persen dari komponen lemak susu adalah asam-asam lemak yang terbagi atas asam-asam lemak tidak jenuh dan asam lemak jenuh. Asam lemak jenuh yang dominan dalam lemak susu secara berurutan adalah asam miristat, palmitat dan stearat dengan kisaran 7-11%; 25-29% dan 7-13% dari total asam lemak (Adnan, 1984). Ketiga asam lemak tersebut berbentuk padat pada suhu kamar. Sedangkan asam lemak tak jenuh yang terkandung adalah asam oleat dengan kisaran 30-40% dan pada suhu kamar berbentuk cair (Apandi, 1993). Karakteristik dari lemak susu juga ditandai dengan adanya kandungan asam butirat dan kaproat dengan kisaran 3 – 4,5 % dan 1,3 – 2,2 %.

Lemak didalam susu dalam bentuk jutaan bola kecil yang bergaris tengah rata-rata 3 mikron (Buckle et al., 1987). menjelaskan bahwa butiran-butiran atau

yang disebut juga globula tersebar merata didalam susu sebagai emulsi lemak dalam air, dimana globula lemak berada dalam fase terdispersi. Setiap globula lemak dilapisi oleh lapisan tipis yang terdiri dari protein dan fosfolopida, terutama lesitin yang terdapat dalam jumlah kecil di dalam susu. Adanya lapisan ini yang menyebabkan globula lemak tidak dapat bergabung satu sama lain sehingga emulsi susu menjadi stabil. Kandungan lemak dalam susu nantinya dapat berpengaruh dalam pembentukan asam lemak dan pada akhirnya akan menciptakan citarasa yang khas.

2.2.1 Analisis Kadar Lemak Yoghurt

Dilakukan berdasarkan metode Gerber. Tabung butirometer diisi dengan 10 ml asam sulfat 91%, kemudian dimasukkan 11 ml sampel dan 1 ml amil alkohol. Selanjutnya tabung ditutup dengan karet dan dikocok hingga larut. Larutan kemudian disentrifusi selama 15 menit dengan kecepatan 1.200 rpm, kemudian dimasukkan ke penangas air selama 5 menit sampai lemak terlihat dan bisa dibaca pada skala yang terdapat pada tabung butirometer.

2.2.2 Klasifikasi Yoghurt

Kategori yoghurt berdasarkan kandungan lemaknya :

- penuh lemak (>3,5%) = *full flavour* / penuh lemak
- lemak sedang (2%-3,5% lemak) = *pass flavour* / paling baik
- rendah lemak (1%-2% lemak) = *less flavour* / kurang lemak

Komposisi unsur yang terkandung di dalam yoghurt dapat dilihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia di dalam Yoghurt

Komposisi Kimia	Yoghurt
Kadar Air (%)	90,78
Protein (%)	3,91
Lemak (%)	3,00
Karbohidrat (%)	4,32
Derajat Keasaman (pH)	3,40

Sumber : <http://www.foddsoci.uoguelph.ca/dairyedu/yoghurt.htm>

Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa kualitas yoghurt dikatakan baik jika yoghurt mempunyai kadar lemak antara 2%-3,5%. Yoghurt dengan kadar lemak 1% - 2% dapat dikatakan *less flavour* atau kurang lemak. Yoghurt yang mempunyai kadar lemak antara >3,5% dikatakan full flavour atau penuh lemak. Dengan kata lain yoghurt jenis ini dapat menyebabkan obesitas. Pada umumnya kadar lemak yoghurt berkisar antara 1% sampai dengan 5% sehingga bila ditemukan yoghurt dengan kadar lemak diluar range tersebut maka yoghurt tersebut dinyatakan *poor flavour* atau tidak layak untuk dikonsumsi. Namun bukan berarti yoghurt yang mempunyai kadar lemak 0% kualitasnya baik, karena bagaimana pun lemak merupakan salah satu unsur yang diperlukan oleh tubuh manusia. Jadi dirasa perlu untuk mengukur kadar lemak yoghurt agar tidak berbahaya bagi tubuh manusia. Karena dengan pengukuran kadar lemak ini nantinya akan menentukan apakah yoghurt yang diproduksi oleh produsen layak dikonsumsi atau tidak.

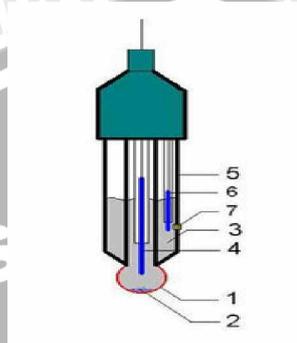
2.3 Sensor pH

Elektroda yang digunakan untuk menetapkan nilai pH adalah elektroda kaca. Elektroda kaca merupakan contoh elektroda yang paling luas dikenal orang. Potensial yang ditimbulkan tergantung pada perbedaan aktivitas ion hidrogen pada setiap sisi dari membran dan tidak dipengaruhi oleh adanya ion-ion selain hidrogen. Elektroda gelas terdiri dari sebuah bola gelas tipis yang terdiri dari elektroda pembanding dalam yang biasanya berupa perak klorida. Aktivitas ion hidrogen di dalam bola adalah tetap.

Dibandingkan dengan elektroda-elektroda indikator lain untuk ion hidrogen, elektroda gelas mempunyai beberapa keuntungan :

- 1) Tidak adanya tambahan zat lain pada larutan pH yang sedang diukur.
- 2) Zat-zat yang mudah dioksidasi atau direduksi yang ada dalam larutan tidak akan mengganggu.
- 3) Karena potensial pada umumnya tidak tergantung pada ukuran fisik dari elektroda maka elektroda dapat dibuat cukup kecil.

Membran gelas terlihat agak rapuh, tetapi ini bukan merupakan suatu kerugian yang besar. Akan tetapi suatu akibat yang dapat menghantarkan ke suatu kesalahan yang besar adalah tanggapan elektroda terhadap ion-ion selain dari hidrogen dalam larutan-larutan yang mempunyai pH tinggi. Elektroda gelas ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Elemen Elektroda Gelas (Sumber: Hall, 1996)

Keterangan gambar adalah sebagai berikut :

- 1) Bagian pengindra dari elektroda
- 2) Endapan AgCl
- 3) Larutan internal, pada umumnya larutan HCl
- 4) Elektroda internal
- 5) Badan elektroda
- 6) Elektroda referensi
- 7) Sambungan probe

Tegangan keluaran elektroda berubah berbanding lurus dengan perubahan pH sesuai dengan persamaan :

$$E = E^{\circ} + (2.3RT/nF \log \{ \text{unknown } [H^{+}]/\text{internal } [H^{+}] \}) \dots\dots\dots(2-1)$$

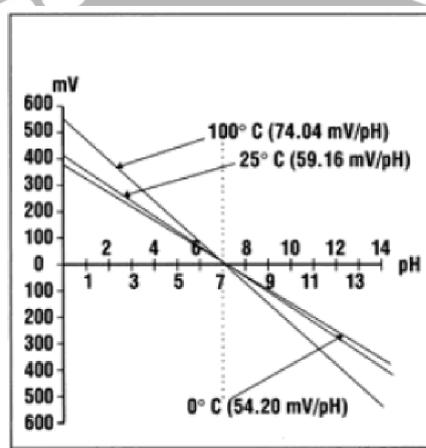
Dimana :

- E = beda potensial total
- E° = potensial referensi
- R = konstanta gas
- T = suhu
- n = jumlah elektron
- F = konstanta Faraday



$[H^+]$ = ion hidrogen

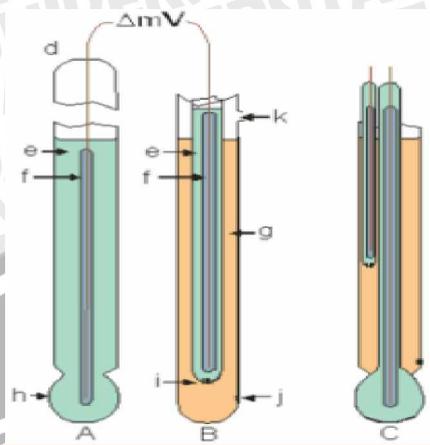
Efek dari suhu dapat dikompensasi dalam dua cara. Sebagian besar pH meter mempunyai fasilitas untuk manual atau *automatic temperature compensation* (ATC). ATC digunakan pada probe suhu terpisah atau pendeteksi suhu yang tergabung dalam elektroda pH. Elektroda mempunyai suhu ideal jika garis kalibrasi memotong titik nol. Karena keseluruhan potensial elektroda pH tersusun dari penjumlahan banyak potensial tunggal, dimana semua mempunyai variabel suhu sendiri, pemotongan isothermal sangat susah berteepatan dengan titik nol pada elektroda. Grafik pengaruh suhu terhadap respon elektroda pH ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Grafik pengaruh suhu terhadap respon elektroda pH (Sumber: www.wikipedia.org)

Karakteristik impedansi dari elektroda dipengaruhi oleh bentuk dan ketebalan dari permukaan kaca yang menjadi bagian pengindra dari elektroda. Secara umum ada 3 macam bentuk permukaan kaca yang dijadikan sebagai pengindra pada elektroda yaitu bentuk *spherical*, bentuk *hemispherical*, dan bentuk datar. Bentuk *spherical* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.2a mempunyai impedansi yang rendah dan respon yang cepat namun bentuk tersebut mempunyai kelemahan yaitu gampang rapuh. Bentuk *hemispherical* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 6.2b mempunyai bentuk lebih kuat namun impedansinya tinggi dan responnya relatif lebih lambat. Sedangkan bentuk datar mempunyai kontak yang baik dengan sampel dan mudah dibersihkan, selain itu bentuk datar merupakan bentuk yang paling kuat akan tetapi bentuk ini mempunyai impedansi

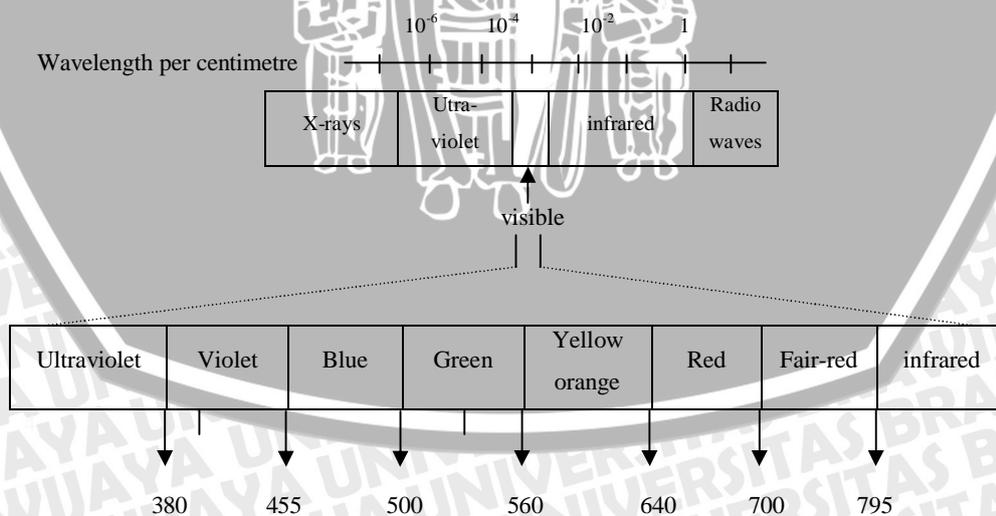
tinggi dan respon yang paling lambat dibandingkan bentuk lainnya. Macam-macam bentuk elektroda pH dapat dilihat dalam Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Macam-macam bentuk elektroda pH (Sumber: Mike, 2004)

2.4 Metode Spektrofotometri

Salah satu cara untuk mengetahui tingkat kadar lemak suatu zat yaitu dengan menggunakan metode spektrofotometri. Spektrofotometri merupakan salah satu cabang analisis instrumental yang mempelajari interaksi antara atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik. Interaksi antara atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik dapat berupa hamburan (*scattering*), absorpsi (*absorbtion*), emisi (*emission*). Spektrum warna cahaya tampak dapat dilihat dalam Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Spektrum warna cahaya tampak (Sumber: Slamet Sudarmaji, 2007)

Interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan atom atau molekul yang berupa absorpsi melahirkan spektrofotometri absorpsi antara lain spektrofotometri ultraviolet (UV), spektrofotometri sinar tampak, spektrofotometri infra merah (IR). Spektrofotometri ultraviolet yang dipakai untuk aplikasi kuantitatif menggunakan radiasi dengan panjang gelombang 200-380 nm, sedangkan spektrofotometri sinar tampak menggunakan radiasi dengan panjang gelombang 380-790 nm dan spektrofotometri infra merah menggunakan radiasi dengan panjang gelombang lebih besar dari 790 nm. Cahaya polikromatis terdiri dari berbagai cahaya monokromatis dan mempunyai panjang gelombang dan warna yang berbeda-beda.

Spektrum warna kepekatan kadar lemak ditunjukkan pada range 560-595 nm. Semakin kuning warna yoghurt maka dapat dikatakan kadar lemak yang terkandung dalam yoghurt tersebut semakin besar. Konfigurasi panjang gelombang, warna, dan warna komplementer spektrum cahaya dapat dilihat dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Warna dan warna komplementer spektrum cahaya

Panjang gelombang (nm)	Warna	Warna Komplemen
400 - 435	Violet (Ungu)	Hijau kekuningan
435 - 480	Biru	Kuning
480 - 490	Biru Kehijauan	Jingga
490 - 600	Hijau Kebiruan	Merah
500 - 560	Hijau	Ungu Kemerahan
560 - 595	Hijau Kekuningan	Ungu
595 - 610	Jingga	Biru Kehijauan
610 - 680	Merah	Hijau kebiruan
680 - 700	Ungu Kemerahan	Hijau

Sumber: Slamet Sudarmaji, 2007

2.4.1 Instrumen Spektrofotometri

Instrumen spektrofotometri merupakan instrumen yang titik beratnya pada pengukuran besaran cahaya dan sifat aneka ragam material dan obyek, bagaimana berinteraksi terhadap radiasi cahaya dan daerah cahaya tampak. Kualitas dasar yang termasuk dalam spektrofotometri adalah penyerapan (absorpsi cahaya), pantulan (refleksi cahaya), pembauran (emisi cahaya) dan penerusan (transmisi

cahaya). Pada instrumen spektrofotometri faktor absorpsi sangat mempengaruhi hasil pengukuran dimana nilai indeks bias benda yang dilewati oleh cahaya akan menentukan berapa besar intensitas cahaya yang diterima oleh penerima cahaya. Misalnya saja udara yang mempunyai indeks bias $n = 1$, ataupun kaca yang mempunyai indeks bias $n = 1,5$. Kualitas tersebut memberikan gambaran terhadap sifat-sifat zat yang diukur. Secara garis besar konfigurasi suatu spektrofotometer ditunjukkan dalam Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Instrumentasi spektrofotometer secara umum (Sumber: Suhardi, 2007)

2.4.2 Pemilihan Panjang Gelombang

Panjang gelombang yang dipakai dalam suatu analisis dipilih sedemikian sehingga zat yang dianalisis akan mengabsorpsi radiasi pada panjang gelombang tersebut, dan sedapat mungkin tidak dipengaruhi oleh kemungkinan adanya zat pengganggu ataupun adanya variasi dalam prosedurnya. Bila zat yang dianalisis berwarna, maka warna komplementernya merupakan petunjuk kira-kira panjang gelombang yang digunakan.

Bila instrumen menggunakan filter (sebagai monokromator), filter yang cocok dapat dipilih sewaktu mempersiapkan kurva standar. Mula-mula disiapkan larutan standar dengan berbagai kadar termasuk larutan blanko. Kemudian lakukan pengukuran absorbansi untuk masing-masing larutan standar dengan menggunakan suatu filter yang dipilih dan dibuatlah grafik yang menunjukkan hubungan antara absorbansi dan kadar. Apabila dengan filter tersebut diperoleh garis yang linier pada daerah kisaran kadar maka filter tersebut telah cocok. Selain linier juga diperlukan slope yang cukup besar dengan intersep yang kecil atau nol.

Bila digunakan spektrometer, dibuat grafik yang menunjukkan hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang. Dari kurva yang dihasilkan dapat diketahui panjang gelombang yang menghasilkan absorbansi maksimum atau transmitansi minimum. Bila pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 415 nm, hanya diperoleh perbedaan 10%T untuk perbedaan kadar sebesar 20 kali, tapi

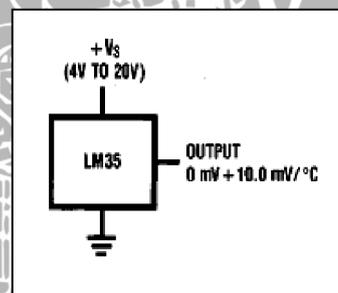
bila pengukuran dilakukan pada 515 nm, diperoleh perbedaan 80%T untuk perbedaan yang sama. Dalam contoh tersebut pemilihan panjang gelombang didasarkan atas absorbansi maksimum yang diperoleh.

2.4.3 Detektor

Detektor berfungsi untuk mengubah sinyal radiasi yang diterima menjadi besaran listrik, detektor dapat berupa sensor fotodiode, fototransistor ataupun RGB.

2.5 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah IC yang khusus digunakan untuk sensor temperatur/suhu yang hasilnya cukup linier. LM35 tidak memerlukan kalibrasi eksternal ataupun *timing* khusus, dan punya jangkauan penginderaan antara -55°C sampai dengan $+150^{\circ}\text{C}$. Sensor ini mempunyai karakteristik yang linear yaitu pada $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$, atau dengan kata lain untuk pengukuran suhu sebesar 1°C akan dihasilkan tegangan sebesar 10 mV. Sehingga hal ini memungkinkan pembacaan tegangan sebagai akibat dari perubahan suhu dengan alat ukur yang mempunyai sensitifitas milivolt.



Gambar 2.6 Rangkaian dasar IC LM 35 (Sumber: Data sheet National Semiconductor)

2.6 Penguat Operasional

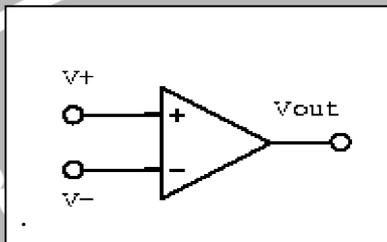
Penguat berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran yang dihasilkan detektor dalam hal ini detektor keasaman dan detektor kadar lemak. Penguat yang digunakan adalah penguat operasional. Karakteristik dari penguat operasional adalah :

- Impedansi masukan sangat tinggi sehingga arus masukan dapat diabaikan.

- Impedansi keluaran sangat kecil sehingga keluaran penguat tidak terpengaruh oleh pembebanan.
- Penguatan loop terbuka sangat tinggi sehingga keluaran penguat menjadi

$$V_{out} = A_v((V_+) - (V_-)) \dots \dots \dots (2-2)$$

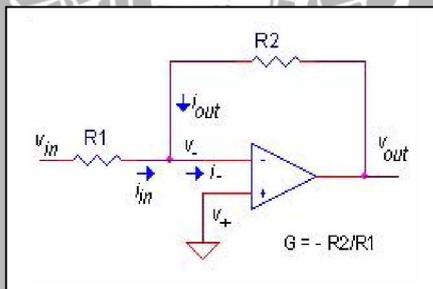
Sebuah penguat operasional ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Penguat Operasional (Sumber: www.electroniclab.com)

2.6.1 Penguat Membalik

Penguat Membalik adalah jenis penguat operasional dimana tegangan masukan masuk melalui kutub membalik (inverting). Masukan pada kutub tak membalik (non inverting) biasanya ditanahkan atau dihubungkan dengan tegangan yang disebut tegangan referensi. Dengan demikian rangkaian penguat inverting tegangan keluarannya berbeda fasa sebesar 180° dengan tegangan masukannya. Rangkaian penguat membalik ditunjukkan dalam Gambar 2.8.



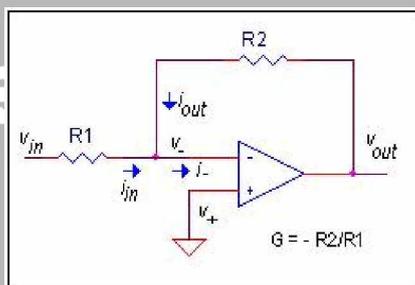
Gambar 2.8 Penguat Membalik (Sumber: www.electroniclab.com)

Keluaran tegangan penguat membalik adalah :

$$V_{out} = -V_{in} \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \dots \dots \dots (2-3)$$

2.6.2 Penguat Tak Membalik

Penguat tak membalik adalah jenis penguat operasional dimana tegangan masukan masuk melalui kutub tak membalik (non-inverting). Masukan pada kutub membalik (inverting) biasanya ditanahkan atau dihubungkan dengan tegangan yang disebut tegangan referensi. Dengan demikian tegangan keluaran rangkaian ini akan satu fasa dengan tegangan masukannya. Rangkaian penguat membalik ditunjukkan dalam Gambar 2.9.



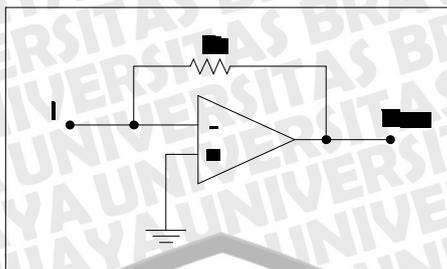
Gambar 2.9 Penguat Tak Membalik (Sumber: www.electroniclab.com)

Keluaran tegangan penguat tak membalik adalah :

$$V_{out} = V_{in} \left(1 + \frac{R2}{R1} \right) \dots\dots\dots(2-4)$$

2.6.3 Pengubah Arus ke Tegangan

Rangkaian ini diperlukan karena nantinya pada perancangan akan digunakan untuk melihat berapa arus minimal dan maksimal sensor kemudian akan didapatkan keluaran tegangan dalam orde volt dan memperoleh tegangan minimal serta maksimal sensor tersebut. Pengubah arus ke tegangan diunakan untuk mengubah sinyal yang masih berupa arus menjadi tegangan dan sekaligus berfungsi menguatkan sinyal. Keluaran sensor warna fotodiode berupa arus sehingga diperlukan rangkaian untuk mengubah arus ke tegangan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Rangkaian pengubah arus ke tegangan (Sumber: J.J Carr, 1991)

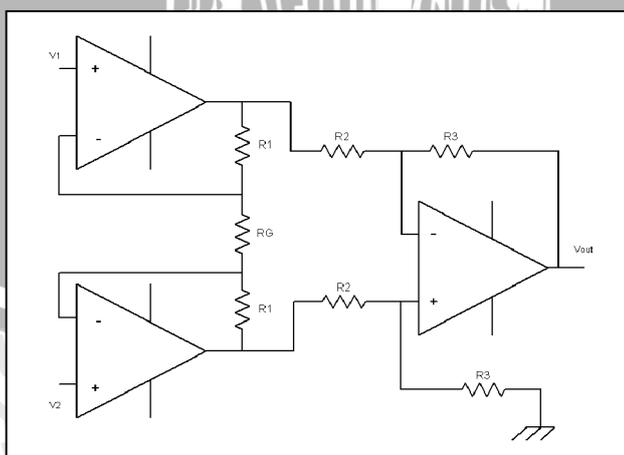
Tegangan keluaran rangkaian ini adalah sebesar : $V_{out} = -R_F \cdot i$(2-5)

2.6.4 Penguat Instrumentasi

Penguat instrumentasi adalah penguat yang serbaguna dan bermanfaat yang ada saat ini. Penguat instrumentasi terdiri dari tiga buah op-amp dan tujuh buah resistor. Karakteristik dari penguat instrumentasi yaitu :

- Gain tegangannya, dari masukan differensial ($V_{in1} - V_{in2}$) ke keluaran berujung tunggal, diatur oleh satu buah tahanan.
- Resistansi kedua masukan sangat tinggi sehingga tidak berubah jika gainnya ikut berubah.
- V_o tidak tergantung dari salah satu dari tegangan V_{in1} ataupun V_{in2} , melainkan dari selisih keduanya ($V_{in1} - V_{in2}$).

Rangkaian penguat instrumentasi diperlihatkan dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Rangkaian Penguat Instrumentasi (Sumber: Ponco Siwindarto, 2007)

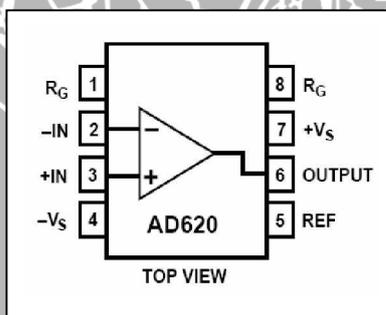
Tegangan keluaran dari penguat instrumentasi adalah :

$$V_{out} = \left(1 + \frac{2R_1}{R_G}\right) \left(\frac{R_3}{R_2}\right) (V_2 - V_1) \dots \dots \dots (2-6)$$

Pada umumnya penguat instrumentasi terdiri dari 3 buah Op-amp, 6 buah resistor yang nilainya sama serta 1 buah resistor variabel untuk mengatur penguatan. Namun ada pula penguat instrumentasi yang sudah terintegrasi ke dalam bentuk suatu IC, salah satunya adalah IC AD620. Karakteristik IC AD620 adalah sebagai berikut :

- Penguatan dapat diatur yaitu antara 1 sampai dengan 1000 kali. Untuk mengatur penguatan, digunakan resistor variabel yang dirangkai dengan IC AD620 ini.
- Catu tegangan antara $\pm 2,3$ V sampai dengan ± 18 V.
- *Noise* sangat rendah yaitu ± 9 nV.
- Tegangan *Offset* masukan ± 50 μ V.
- *Input Bias Current* $\pm 1,0$ nA.

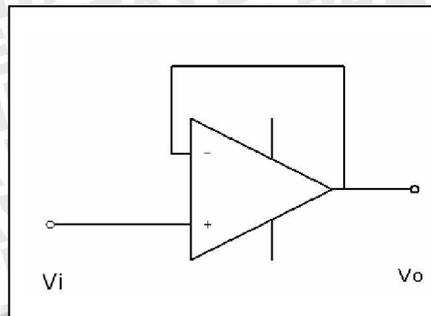
Konfigurasi pin IC AD620 ditunjukkan dalam Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Konfigurasi Pin IC AD620 (Sumber: Data sheet AD620)

2.6.5 Rangkaian Penyangga (*Buffer*)

Rangkaian *buffer* atau sering disebut juga rangkaian penyangga merupakan salah satu rangkaian yang fungsinya untuk mempertahankan nilai tegangan keluaran agar sesuai dengan nilai tegangan masukan. Karena nilai tegangan masukan yang sama dengan nilai tegangan keluaran, maka penguatan rangkaian ini sama dengan satu. Rangkaian penyangga atau *buffer* dapat dilihat dalam Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Rangkaian Penyangga (Sumber: Texas Instruments, 2000)

Oleh karena selisih tegangan pada kutub inverting dan kutub non-inverting sama dengan nol, maka nilai tegangan keluaran sama dengan nilai tegangan masukan atau dapat ditulis $V_o = V_{in}$.

2.7 Mikrokontroler ATmega8535

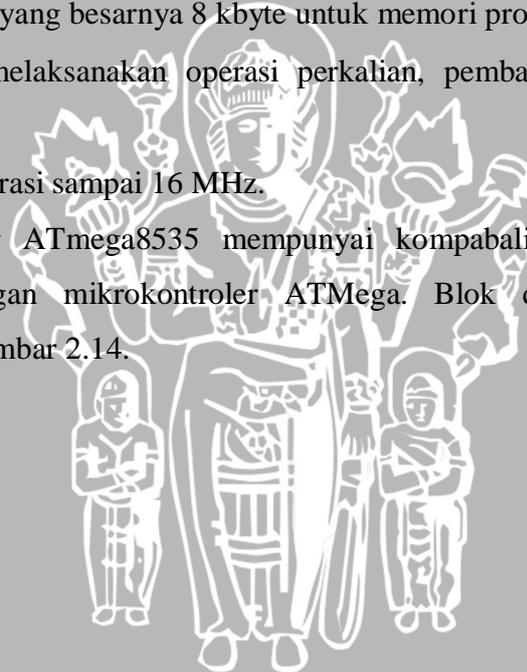
ATmega8535 merupakan salah satu mikrokontroler buatan ATMEL keluarga ATMEGA yang mempunyai 8 kbyte Flash PEROM (*Flash Programmable and Erasable Read Only Memory*), 512 byte SRAM, 32 pin I/O (4 buah *port* I/O bit) yang mana tiap pin tersebut dapat diprogram secara paralel dan tersendiri, mempunyai dua buah timer/counter 8 bit dan satu buah timer/counter 16 bit, mempunyai 8 bit 10 *channel* ADC, mempunyai watchdog timer.

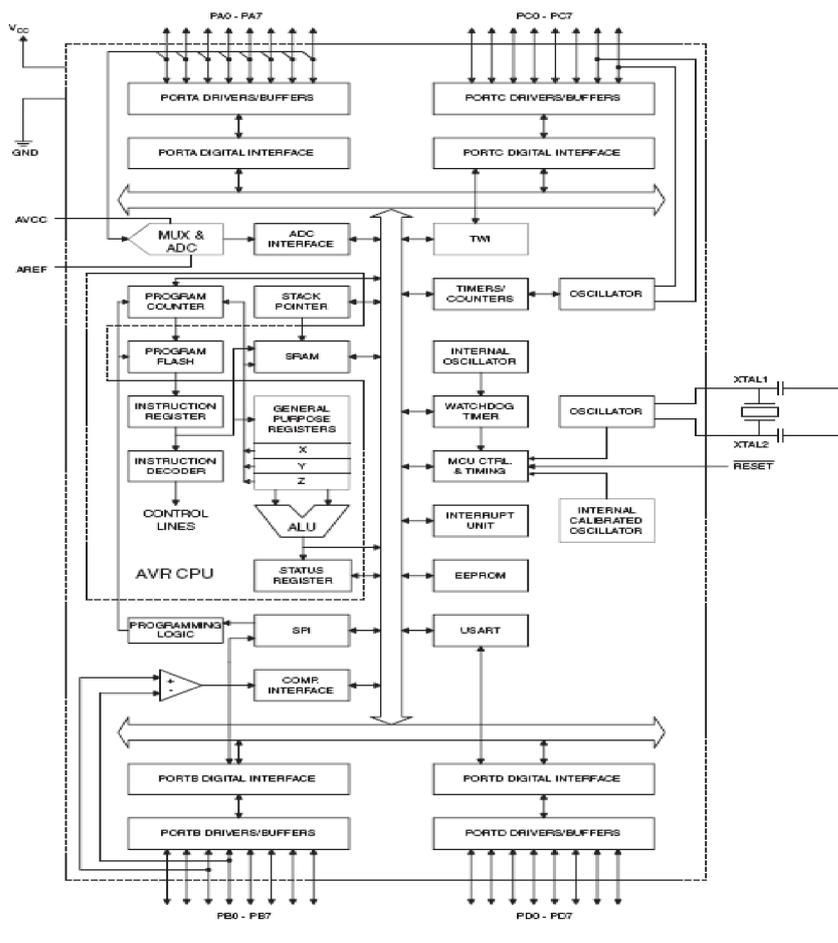
Pada dasarnya mikrokontroler terdiri atas mikroprosesor, *timer*, dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Mikrokontroler termasuk perangkat yang sudah didesain dalam bentuk *chip* tunggal. Mikrokontroler dikemas dalam satu *chip* (*single chip*). Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi lebih luas dan 8 bit instruksi yang digunakan membaca data instruksi dari internal memori ke ALU.

Sebagai suatu sistem kontrol mikrokontroler ATmega8535 bila dibandingkan dengan mikroprosesor memiliki kemampuan dan segi ekonomis yang bisa diandalkan karena dalam mikrokontroler sudah terdapat RAM dan ROM sedangkan mikroprosesor didalamnya tidak terdapat keduanya. Secara umum konfigurasi yang dimiliki mikrokontroler ATmega8535 adalah sebagai berikut :

- Sebuah CPU 8 bit dengan menggunakan teknologi dari Atmel.
- Memiliki memori baca-tulis sebesar 512 byte SRAM.
- Jalur dua arah (*bidirectional*) yang digunakan sebagai saluran masukan atau keluaran yang dikontrol oleh register DDR.
- Sebuah komunikasi serial USART yang dapat diprogram.
- Sebuah master/slave serial SPI yang dapat diprogram.
- Sebuah *Two Wire Serial Interface*.
- Dua buah *timer/counter* 8 bit dan sebuah timer/counter 16 bit.
- Watcdog Timer yang dapat diprogram.
- *Analog comparator* di dalam chip.
- Osilator internal dan rangkaian pewaktu.
- Flash PEROM yang besarnya 8 kbyte untuk memori program
- Kemampuan melaksanakan operasi perkalian, pembagian, dan operasi *Boolean*.
- Mampu beroperasi sampai 16 MHz.

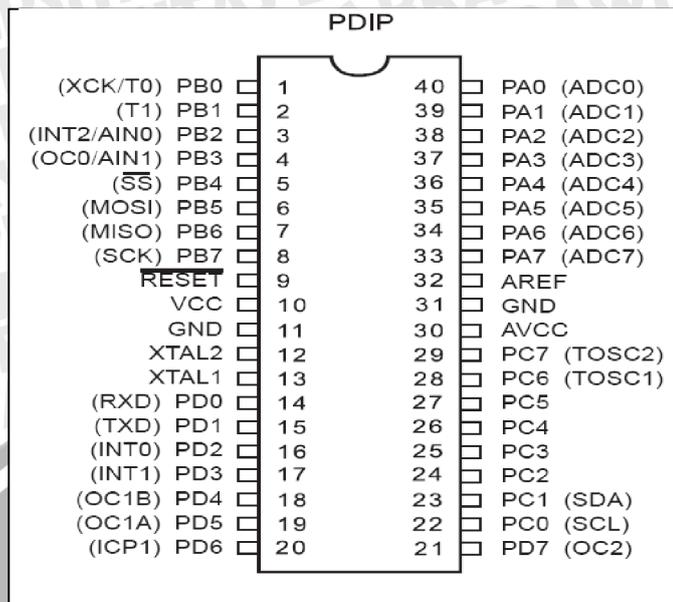
Mikrokontroler ATmega8535 mempunyai kompatibilitas instruksi dan konfigurasi pin dengan mikrokontroler ATmega. Blok diagram ATmega ditunjukkan dalam Gambar 2.14.





Gambar 2.14 Blok Diagram ATmega8535 (Sumber: Data sheet ATmega8535)

Masing-masing kaki dalam mikrokontroler ATmega8535 mempunyai fungsi tersendiri. Dengan mengetahui fungsi masing-masing kaki mikrokontroler ATmega8535, perancangan aplikasi mikrokontroler ATmega8535 akan lebih mudah. ATmega8535 mempunyai 40 pin, susunan masing-masing pin dapat dilihat dalam Gambar 2.15.



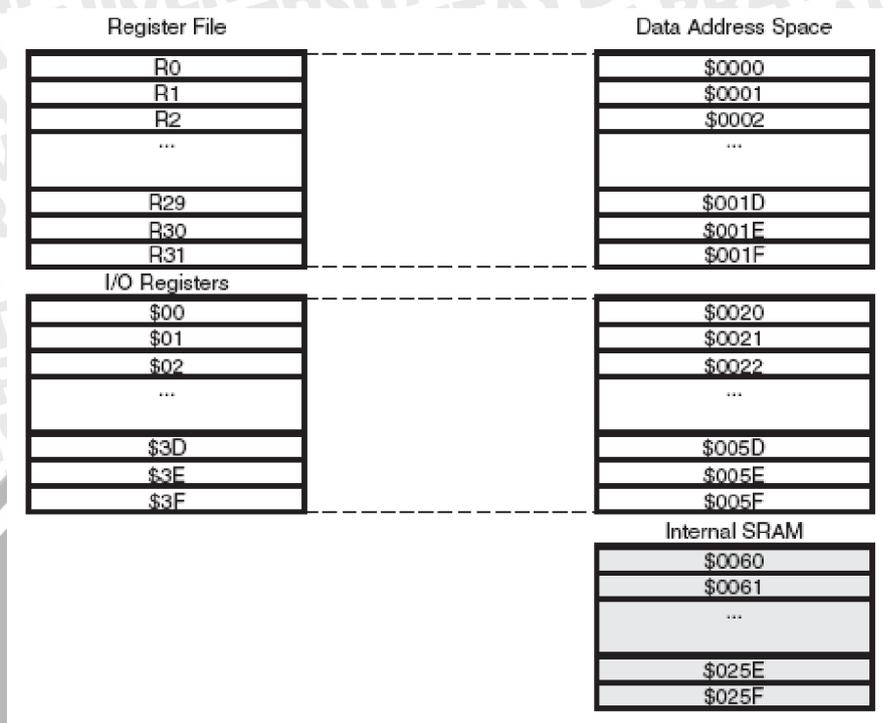
Gambar 2.15 Konfigurasi Pin ATmega8535 (Sumber: Data sheet ATmega8535)

Fungsi kaki-kaki ATmega8535 adalah :

- *Port A (Pin A0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus Port A adalah sebagai ADC (input ADC channel 0..7).
- *Port B (Pin B0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus Port B diantaranya adalah : Port B0 (T0 (*timer/counter0 eksternal counter input*)) & XCK (*USART eksternal clock input/output*), Port B1 (T1 (*timer/counter eksternal counter input*)), Port B2 (AIN0 (*Analog comparator positive input*)) & INT2 (*Eksternal interrupt 2 input*)), Port B3 (AIN1 (*Analog comparator negative input*)) & OC0 (*Timer/counter0 output compare match output*)), Port B4 (SS (*SPI slave select input*)), Port B5 (MOSI (*SPI bus master output/slave input*)), Port B6 (MISO (*SPI bus master input/slave output*)), Port B7 (SCK (*SPI bus serial clock*)).
- *Port C (Pin C0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari Port C diantaranya adalah : Port C0 (SCL (*Two-Wire serial bus clock line*)), Port C1 (SDA (*Two-Wire serial bus data input/output line*)), Port C6 (TOSC1 (*Timer Oscillator pin1*)), Port C7 (TOSC2 (*Timer oscillator pin2*)).

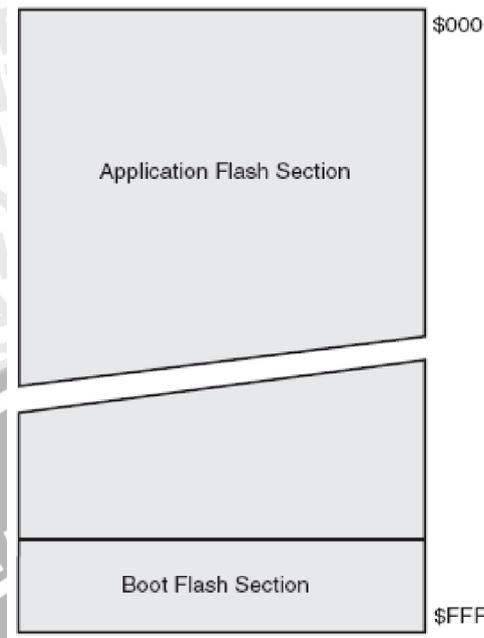
- *Port D (Pin D0..7)*, merupakan saluran masukan/keluaran dua arah dan juga mempunyai fungsi khusus. Fungsi khusus dari Port D diantaranya adalah : Port D0 (RXD (*USART input pin*)), Port D1 (TXD (*USART output pin*)), Port D2 (INT0 (*Eksternal interrupt 0 input*)), Port D3 (INT1 (*Eksternal interrupt 1 input*)), Port D4 (OC1B (*Timer/counter 1 output compare B match output*)), Port D5 (OC1A (*Timer/counter 1 output compare A match output*)), Port D6 (ICP (*Timer/counter input capture pin*)), Port D7 (OC2 (*timer/counter 2 compare match output*)).
- Pin 9 RESET, merupakan saluran dua masukan untuk mereset mikrokontroler dengan cara memberi masukan logika rendah.
- Pin 10 VCC, merupakan saluran masukan untuk catu daya positif sebesar 5 volt DC.
- Pin 11 GND, merupakan *ground* dari seluruh rangkaian.
- Pin 12 dan 13 (XTAL2 dan XTAL1), merupakan saluran untuk mengatur pewaktuan sistem. Untuk pewaktuan dapat menggunakan pewaktuan internal maupun eksternal.
- Pin 32 AREF, merupakan Pin analog referensi untuk masukan ADC.
- Pin 33 GND, merupakan *ground* dari ADC.
- Pin 34 AVCC, merupakan *supply* untuk port A dan juga merupakan *supply* untuk ADC.

AVR ATmega 8535 memiliki ruang pengalamatan memori data dan memori program yang terpisah. Memori data terbagi menjadi 3 bagian, yaitu 32 buah register umum, 64 buah register I/O, dan 512 byte SRAM *Internal*. Register keperluan umum menempati space data pada alamat terbawah, yaitu \$00 sampai \$1F. Sementara itu, register khusus untuk menangani I/O dan kontrol terhadap mikrokontroler menempati 64 alamat berikutnya, yaitu mulai dari \$20 sampai \$5F. Register tersebut merupakan register yang khusus digunakan untuk mengatur fungsi terhadap berbagai peripheral mikrokontroler, seperti kontrol register, timer/counter, fungsi-fungsi I/O, dan sebagainya. Alamat memori berikutnya digunakan untuk SRAM 512 byte, yaitu pada lokasi \$60 sampai dengan \$25F. Konfigurasi memori data ditunjukkan dalam Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Konfigurasi memori data AVR ATmega 8535 (Sumber: Data sheet ATmega8535)

Memori program yang terletak dalam Flash PEROM tersusun dalam word atau 2 byte karena setiap instruksi memiliki lebar 16 bit atau 32 bit. AVR ATmega 8535 memiliki 4KbyteX16 bit Flash PEROM dengan alamat mulai dari \$000 sampai dengan \$FFF. AVR tersebut memiliki 12 bit Program Counter (PC) sehingga mengalami isi flash. Selain itu, AVR ATmega 8535 juga memiliki memori data berupa EEPROM 8 bit sebanyak 512 byte. Alamat EEPROM dimulai dari \$000 sampai \$1FF. Memori program AVR ATmega 8535 ditunjukkan dalam Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Memori program AVR ATmega 8535 (Sumber: Data sheet ATmega8535)

2.8 *Liquid Crystal Display (LCD)*

LCD yang digunakan merupakan LCD tipe karakter karena LCD ini dapat menampilkan data. Keuntungan yang dapat diperoleh dengan menggunakan LCD adalah :

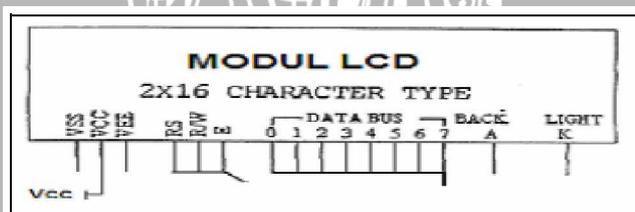
1. Dapat menampilkan karakter ASCII, sehingga memudahkan untuk membuat program tampilannya.
2. Mudah dihubungkan dengan port I/O karena hanya menggunakan 4bit data dan 3 bit control.
3. Ukuran dari modul yang proporsional.
4. Penggunaan daya yang kecil.

Tabel 2.3 Tabel I/O LCD

No	Simbol	Level	Fungsi	
1	Vss		Power Supply	GND
2	Vcc			5 Volt
3	Vee			LCD Drive
4	RS	H/L	H:Data Input L:Ins input	
5	R/W	H/L	H : Read L : Write	
6	E	H	Enable signal	
7	DB0	H/L	Data Bus	
8	DB1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	DB3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	DB5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	DB7	H/L		
15	V+BL		Power Supply	4 - 4.2 Volt
16	V-BL		Power Supply	GND

Sumber : Manual book LCD 16x2

Modul peraga yang digunakan dalam aplikasi ini adalah LCD modul M1632. Modul LCD ini membutuhkan daya yang kecil dan dilengkapi dengan panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang terpasang dalam modul tersebut. Pengendali mempunyai pembangkit karakter ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi display diatur oleh instruksi-instruksi, sehingga modul LCD ini dapat dengan mudah dihubungkan dengan unit mikroprosesor. LCD tipe ini tersusun sebanyak dua baris dengan 16 karakter. Diagram blok LCD dapat dilihat dalam Gambar 2.18.

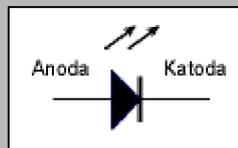


Gambar 2.18 Diagram Blok LCD (Sumber: El-Tech, 1987, hal.5)

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul berupa bus data yang masih termultiplek dengan bus alamat serta 3 bit sinyal kontrol. Sementara pengendalian LCD dilakukan secara internal oleh kontroler yang sudah terpasang dalam modul LCD.

2.9 Indikator LED

LED adalah singkatan dari *Light Emitting Diode* merupakan komponen yang dapat mengeluarkan emisi cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah dioda. Strukturnya juga sama dengan dioda, tetapi belakangan ditemukan bahwa elektron yang menerjang sambungan P-N juga melepaskan energi berupa energi panas dan energi cahaya. LED dibuat agar lebih efisien jika mengeluarkan cahaya. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping yang dipakai adalah galium, arsenic dan fosforus. Jenis doping yang berbeda menghasilkan warna cahaya yang berbeda pula. Sebuah LED dapat dilihat dalam Gambar 2.19.



Gambar 2.19 *Light Emitting Diode* (Sumber: www.electroniclab.com)

Pada saat ini warna-warna cahaya LED yang banyak ditemukan adalah warna merah, kuning dan hijau. LED berwarna biru sangat langka. Pada dasarnya semua warna bisa dihasilkan, namun akan menjadi sangat mahal dan tidak efisien. Dalam memilih LED selain warna, perlu diperhatikan tegangan kerja, arus maksimum dan disipasi daya-nya. LED mempunyai bentuk yang bermacam-macam, ada yang persegi empat, bulat dan lonjong. Salah satu kegunaan LED yaitu digunakan sebagai indikator dalam suatu sistem elektronika.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

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

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

3.1 Studi Literatur

Studi literatur yang dilakukan bertujuan untuk mengkaji hal-hal yang berhubungan dengan teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan perealisasiannya. Adapun teori-teori yang dikaji adalah sebagai berikut:

- *Mikrokontroler ATmega 8535*
- *Sensor pH*
- *Metode Spektrofotometri*
- *LCD 16 x 2*
- *Penguat Operasional (Op-Amp)*

3.2 Perancangan Alat

a. Hardware

Perancangan hardware meliputi perancangan PCB (pembuatan *layout* dengan menggunakan *software* Eagle 4.1, pengetsaan dan pengeboran), perakitan komponen dan penyolderan dilakukan pada PCB.

Komponen utama hardware antara lain sensor pH, rangkaian penguat operasional, LED dan fotodiode sebagai sensor kadar lemak,

Mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengolah data, LCD dan indikator LED sebagai keluaran dari sistem.

Alat ini nantinya akan terhubung oleh wadah tempat meletakkan objek, dalam hal ini yoghurt dimana dalam wadah tersebut akan dipasang detektor pH dan detektor kadar lemak. Kemudian hasil keluaran dari sistem ini langsung dapat dilihat oleh pengamat di LCD.

b. Software

Perancangan software dilakukan dengan perancangan *flowchart* terlebih dahulu kemudian pembuatan programnya. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah bahasa pemrograman C. Perancangan software terdiri atas software untuk mengkonversi data dari sinyal analog ke sinyal digital, software untuk mengolah data, software untuk menampilkan data di LCD.

3.3 Pembuatan Alat

Pada tahap pembuatan alat dilakukan realisasi perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dirancang sebelumnya yang diuraikan sebagai berikut:

Perangkat keras

Pembuatan alat untuk perangkat keras meliputi pembuatan *lay out* PCB dengan menggunakan *software* Eagle 4.1, pengeboran PCB, perakitan komponen dan penyolderan komponen pada PCB.

b. Perangkat lunak

Untuk pembuatan perangkat lunak dilakukan dengan pembuatan *flowchart* terlebih dahulu kemudian pembuatan programnya dan penulisan program ke mikrokontroler menggunakan *software* Code Vision AVR.

3.4 Pengujian Alat

Pengujian dilakukan dalam 3 tahap, yaitu pengujian perangkat keras, perangkat lunak dan pengujian keseluruhan sistem.

a. Pengujian Perangkat keras

Untuk pengujian perangkat keras, pengujian dilakukan per blok terlebih dahulu, kemudian dilakukan pengujian sistem. Hal-hal yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut :

1) Pengujian detektor pH

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sinyal elektrik yang dihasilkan sesuai dengan pH yang diukur. Pengujian dapat dilakukan dengan cara mengukur besarnya tegangan keluaran dari sensor pH terhadap besarnya pH (derajat keasaman) yang diukur. Tegangan yang dihasilkan oleh sensor pH kemudian akan masuk ke dalam rangkaian pengkondisi sinyal dan disesuaikan agar sesuai dengan range tegangan ADC.

2) Pengujian detektor kadar lemak

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sinyal elektrik yang dihasilkan sesuai dengan tingkat kadar lemak yang diukur. Pengujian dapat dilakukan dengan cara mengukur besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan oleh detektor, dalam hal ini fotodiode terhadap besarnya intensitas cahaya yang masuk. Tegangan keluaran yang dihasilkan kemudian akan masuk ke dalam pengkondisi sinyal dan disesuaikan agar tegangan yang dihasilkan sesuai dengan range tegangan ADC.

3) Pengujian mikrokontroler ATmega8535

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah mikrokontroler tersebut dapat bekerja dengan baik yaitu dapat diberi masukan, dapat melakukan proses pengolahan data, dan dapat menghasilkan keluaran yang sesuai.

b. Pengujian Perangkat lunak

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah keluaran yang akan ditampilkan di LCD sesuai dengan masukan yang diberikan. Untuk pengujian perangkat lunak, pengujian dilakukan untuk perangkat lunak Mikrokontroler ATmega8535. Hal-hal yang dilakukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

- Pengujian transfer data dari input ke Mikrokontroler ATmega8535, pengujian ini meliputi jumlah bit data yang diterima Mikrokontroler ATmega8535 dari ADC.
- Pengujian proses pengolahan data pada Mikrokontroler ATmega8535, meliputi proses pengolahan data dari data masukan

yang diberikan sehingga dihasilkan data keluaran yang diinginkan. Proses Pengolahan data di dalam Mikrokontroler ATmega8535 ini menggunakan bahasa pemrograman C.

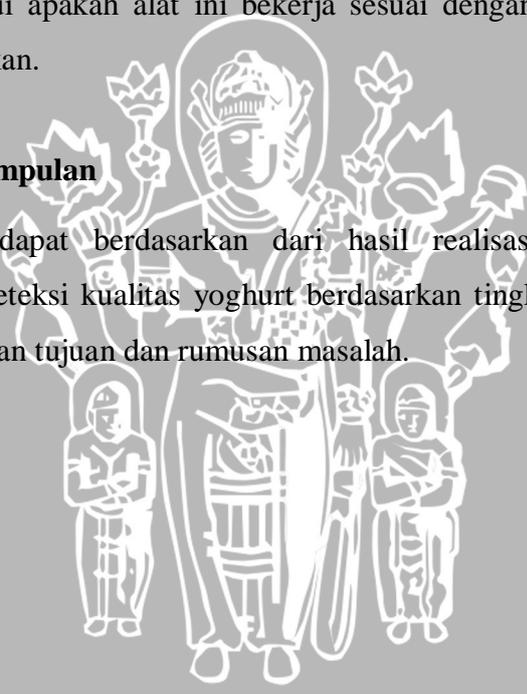
- Pengujian transfer data dari Mikrokontroler ATmega8535 ke output, pengujian ini meliputi jumlah bit yang dihasilkan oleh Mikrokontroler ATmega8535 setelah mengalami proses pengolahan data.

c. Pengujian keseluruhan sistem.

- Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan menghubungkan seluruh blok selanjutnya mengoperasikan sistem dan dapat diketahui apakah alat ini bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

3.5 Penyusunan Kesimpulan

Kesimpulan didapat berdasarkan dari hasil realisasi dan pengujian perancangan alat pendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak berdasarkan tujuan dan rumusan masalah.



BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas tentang perancangan dan pembuatan alat pendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak. Untuk mempermudah dalam penganalisaan maka perencanaan dan pembuatan alat ini dibagi menjadi dua bagian yaitu perencanaan dan pembuatan perangkat keras serta perencanaan dan pembuatan perangkat lunak. Adapun perencanaan dan pembuatan alat secara keseluruhan meliputi spesifikasi alat, blok diagram sistem, prinsip kerja alat, pembuatan perangkat keras, serta pembuatan perangkat lunak.

4.1 Spesifikasi Alat

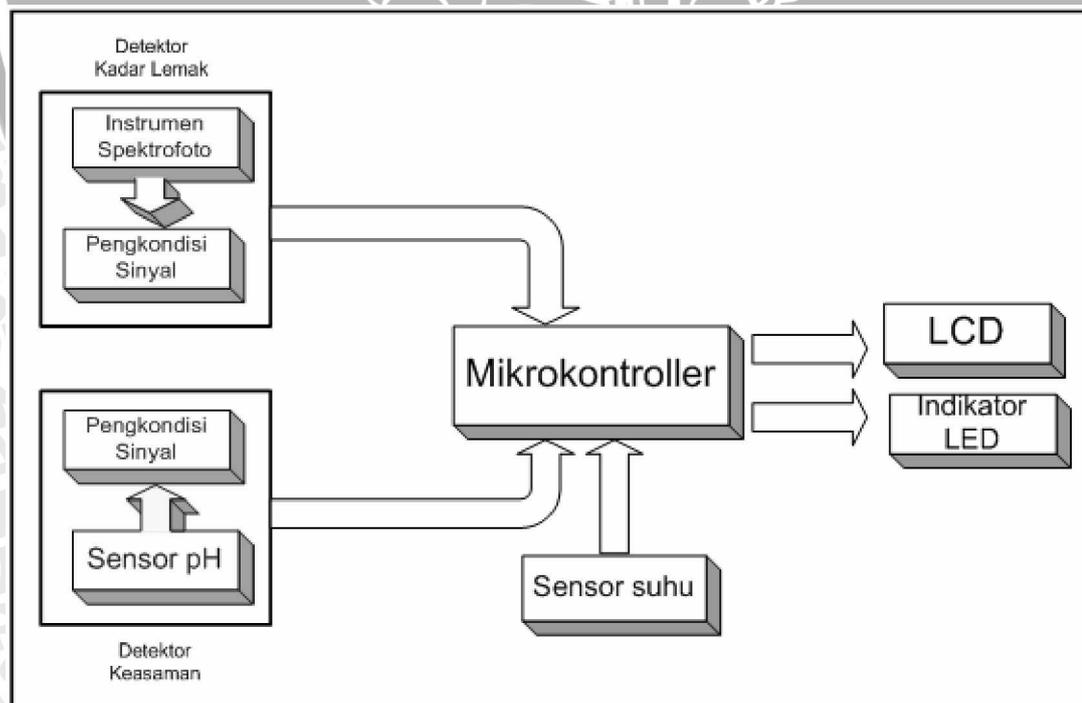
Sebelum melakukan perencanaan dan perealisasiian alat, maka ditentukan spesifikasi alat yang akan dibuat. Adapun spesifikasi alat yang akan direalisasikan sebagai berikut:

- Detektor pH (derajat keasaman) menggunakan elektroda pH yang mampu mendeteksi perubahan pH antara pH 3 – 7.
- Detektor kadar lemak menggunakan metode spektrofotometri, sistem ini menggunakan LED dan fotodiode sebagai detektor utama. Detektor kadar lemak ini dapat mendeteksi kadar lemak antara 0,1 – 5,5 %.
- Alat bekerja pada suhu ruangan yaitu pada kisaran suhu 25 – 30 °C. Oleh sebab itu digunakan sensor suhu untuk mengukur suhu ruangan tersebut.
- Sensor suhu menggunakan LM 35.
- Mikrokontroler AVR Tipe ATmega8535 berfungsi sebagai pengolah data input/output.
- LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai tampilan sistem ini.
- Indikator LED sebagai output/keluaran sistem.

4.2 Blok Diagram Sistem

Diagram blok alat pendeteksi kualitas yoghurt berdasarkan tingkat keasaman dan kadar lemak dapat dilihat dalam Gambar 4.1. Berdasarkan blok diagram dalam Gambar 4.1 maka peralatan yang dirancang dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

- Rangkaian detektor kadar lemak yang terdiri dari rangkaian sumber cahaya dan rangkaian penerima.
- Rangkaian pengkondisi sinyal detektor kadar lemak
- Sensor pH.
- Rangkaian pengkondisi sinyal detektor keasaman.
- Rangkaian sensor suhu.
- Rangkaian Mikrokontroler.
- Rangkaian penampil LCD.
- Rangkaian indikator LED.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

4.3 Prinsip Kerja Alat

- Input dari sistem dibagi menjadi 3 yaitu dari detektor pH, detektor kadar lemak dan sensor suhu.
- Detektor keasaman menggunakan sensor pH, dimana sensor pH berfungsi untuk mengubah besaran non-elektrik dalam hal ini pH menjadi besaran elektrik yang berupa tegangan.
- Oleh rangkaian pengkondisi sinyal, tegangan yang dihasilkan sensor pH akan dikondisikan menjadi range tegangan ADC.
- Untuk detektor kadar lemak, sumber cahaya menggunakan LED warna kuning yang mempunyai range panjang gelombang antara 560 – 595 nm. Cahaya tersebut kemudian akan diterima oleh sampel yoghurt yang kemudian diteruskan sehingga diterima oleh sensor fotodioda.
- Sensor fotodioda berfungsi untuk mengubah besaran cahaya yang masuk menjadi arus. Oleh rangkaian pengubah arus ke tegangan, arus kemudian diubah menjadi bentuk tegangan.
- Setelah diubah ke dalam bentuk tegangan, kemudian oleh rangkaian pengkondisi sinyal, tegangan akan dikondisikan sesuai dengan range tegangan ADC.
- Sensor suhu berfungsi untuk mengubah besaran non-elektrik dalam hal ini suhu menjadi besaran elektrik yaitu tegangan. Sensor suhu ini nantinya akan digunakan untuk mengetahui berapa besar suhu di dalam ruangan, karena alat ini hanya bekerja dalam suhu ruangan tertentu.
- ADC berfungsi untuk mengubah sinyal analog yang dihasilkan oleh detektor pH, detektor kadar lemak serta rangkaian sensor suhu menjadi sinyal digital. Oleh karena di dalam mikrokontroler ATmega8535 sudah terdapat fasilitas ADC maka fasilitas tersebut dapat langsung digunakan untuk mengkonversi sinyal.
- Input kemudian akan diproses di dalam Mikrokontroler ATmega8535 sehingga akan dihasilkan output (keluaran) yang nantinya akan ditampilkan di LCD dan indikator LED.

4.4 Perancangan Perangkat Keras

4.4.1 Detektor Kadar Lemak

4.4.1.1 Rangkaian Sumber Cahaya

Untuk menjaga intensitas cahaya agar tetap konstan atau tidak berubah akibat adanya perubahan catu daya maka disusun rangkaian seperti Gambar 4.2. Dengan menggunakan dioda zener tipe ZPD 3,3 maka tegangan yang masuk ke LED dijaga konstan pada tegangan 3,3 V. Sehingga nilai R_1 dan R_2 dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_Z = V_{LED} + I_{LED} \cdot R_2 \quad \dots \dots \dots (4-1)$$

$$3.3 = 1.9 + 20 \cdot 10^{-3} \cdot R_2$$

$$R_2 = \frac{1.4}{20 \cdot 10^{-3}} = 70 \Omega$$

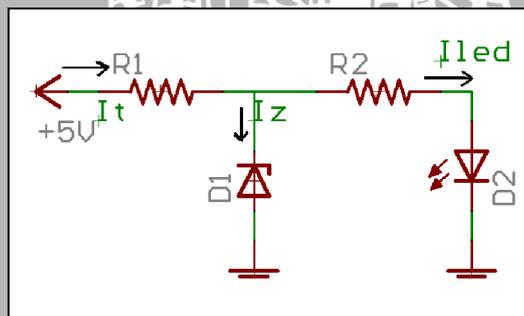
$$I_{Z \text{ max}} = \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{0.5W}{3.3V} = 150 \text{ mA}$$

$$I_T = I_{Z \text{ max}} = 150 \text{ mA}$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_T} \quad \dots \dots \dots (4-2)$$

$$= \frac{5 - 3.3}{170 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 10 \Omega$$



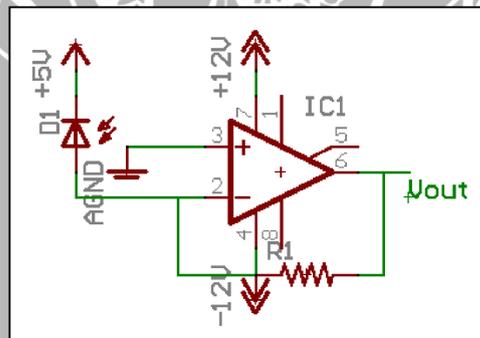
Gambar 4.2 Rangkaian Sumber Cahaya

4.4.1.2 Rangkaian Penerima Cahaya

Sensor yang dipergunakan dalam rangkaian ini adalah fotodiode tipe SFH 2030 yang dapat menangkap panjang gelombang antara 400 – 1100 nm. Dalam perancangan ini sensor fotodiode difungsikan untuk menangkap tingkat intensitas

cahaya yang masuk untuk mengetahui besarnya kadar lemak yang terkandung di dalam yoghurt. Besarnya cahaya yang masuk akan dikonversi ke dalam bentuk arus yang selanjutnya akan diubah menjadi bentuk tegangan oleh rangkaian pengubah arus ke tegangan.

Rangkaian pengubah arus ke tegangan digunakan untuk mengubah sinyal yang masih berupa arus menjadi tegangan sekaligus berfungsi untuk menguatkan sinyal. Blok ini diperlukan karena nantinya pada pengujian akan digunakan untuk melihat berapa arus minimal dan arus maksimal sensor fotodiode, kemudian akan didapatkan keluaran tegangan dalam orde volt dan memperoleh tegangan minimal serta maksimal sensor tersebut. Dengan melakukan uji coba sensor fotodiode dengan sampel larutan maka didapat arus minimal dan arus maksimal yang diterima oleh sensor fotodiode adalah sebesar $0,1\mu\text{A}$ dan $3,0\mu\text{A}$. Agar didapatkan tegangan keluaran dalam orde volt maka digunakan R_f sebesar $1\text{M}\Omega$ sehingga diperoleh nilai tegangan minimum dan tegangan maksimum sebesar $-0,1\text{V}$ dan $-3,0\text{V}$. Rangkaian yang digunakan dalam perancangan ini ditunjukkan dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan

4.4.2 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak

Rangkaian pengkondisi sinyal digunakan untuk mengkonversi sinyal keluaran pengubah arus ke tegangan agar sesuai dengan range tegangan di dalam ADC yaitu $0 - 5\text{V}$. Dalam perancangan ini digunakan ADC 8 bit dan tegangan referensi sebesar 5V , sehingga tegangan maksimal yang dapat masuk ke ADC sebesar :

$$V_i = 5 \frac{2^8 - 1}{2^8} = 4,98V$$

Rangkaian pengkondisi sinyal ini adalah terdiri dari rangkaian penguat membalik dan rangkaian penyangga (*buffer*). Keluaran dari rangkaian pengubah arus ke tegangan yang nilai minimalnya sebesar -0,1 V dikondisikan agar bernilai 0 V dan tegangan keluaran maksimal sebesar -3,0 dikondisikan agar bernilai 4,98 V. Sehingga persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{V_{out} - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - V_{in}}{R_i} \dots\dots\dots(4-3)$$

Pada saat $V_{in} = -0,1$ V persamaannya :

$$\frac{0 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-0,1)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 0,1} \dots\dots\dots(4-4)$$

Pada saat $V_{in} = 3,0$ V persamaannya :

$$\frac{4,98 - V_{ref}}{R_f} = \frac{V_{ref} - (-3)}{R_i}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{4,98 - V_{ref}}{V_{ref} + 3} \dots\dots\dots(4-5)$$

Dari substitusi Persamaan (4-4) dan Persamaan (4-5) maka didapat :

$$\frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 0,1} = \frac{4,98 - V_{ref}}{V_{ref} + 3}$$

$$-V_{ref}^2 - 3V_{ref} = 4,98V_{ref} + 0,498 - V_{ref}^2 - 0,1V_{ref}$$

$$-7,880V_{ref} = 0,498$$

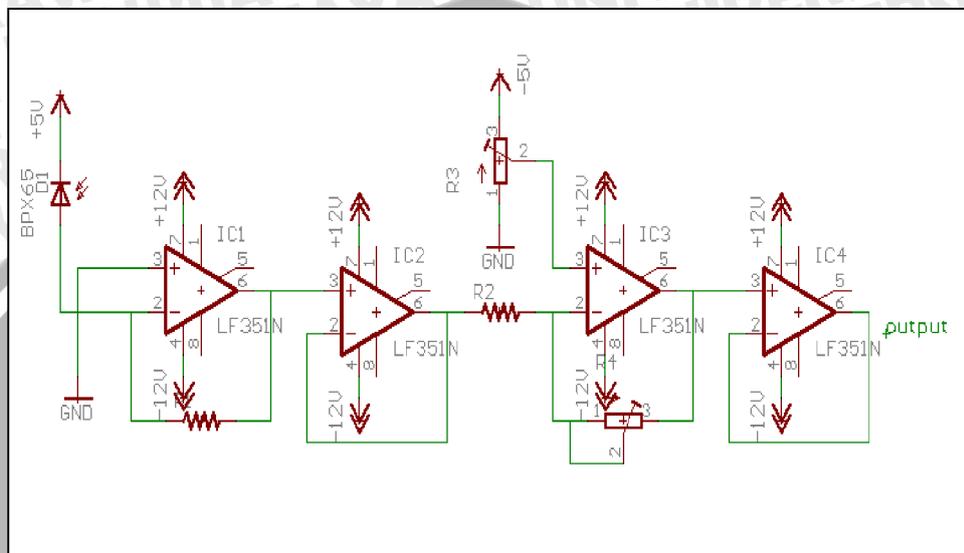
$$V_{ref} = -0,063$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-V_{ref}}{V_{ref} + 0,1} = \frac{0,063}{-0,063 + 0,1} = 1,702$$

Apabila nilai R_i ditetapkan sebesar 1 k Ω maka didapatkan nilai R_f sebesar 1,702 k Ω . Dengan demikian maka rangkaian pengkondisi sinyal yang dipergunakan adalah penguat inverting dengan penguatan 1,702 kali dengan



referensi terminal non-inverting sebesar -0,063 V. Rangkaian penyangga (*buffer*) berfungsi untuk menyangga tegangan agar sinyal yang masuk ke rangkaian berikutnya tidak mengalami perubahan. Rangkaian pengkondisi sinyal detektor kadar lemak ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak

4.4.3 Karakteristik Sensor pH

Sensor pH berfungsi untuk mengubah besaran non-elektrik dalam hal ini adalah derajat keasaman (pH) menjadi besaran elektrik yaitu tegangan. Sensor pH yang dipergunakan dalam perancangan ini adalah sensor pH produksi Hanna instrument tipe HI98151 pHep-1.

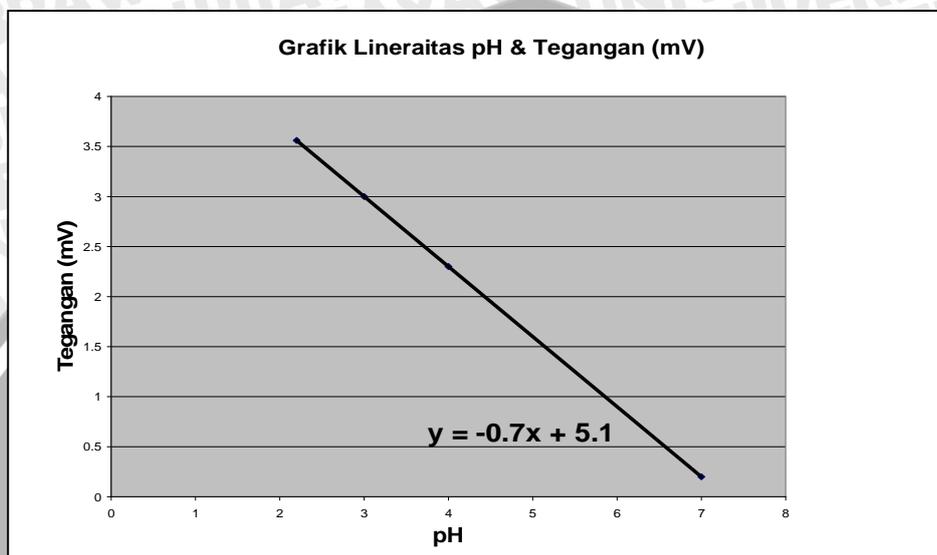
Untuk mengetahui karakteristik dari sensor pH maka dilakukan pengujian terhadap sensor pH. Dalam hal ini karakteristik yang dimaksud adalah hubungan antara derajat keasaman (pH) dengan keluaran sensor pH yang berupa tegangan. Dari pengujian yang menggunakan dua jenis sampel larutan yaitu larutan buffer pH 4 dan larutan buffer pH 7 didapat data seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1. dari data tersebut dapat dibuat persamaan yang menyatakan adanya hubungan antara derajat keasaman (pH) dan tegangan keluaran sensor pH yaitu :

$$V_{out} = -0,7(pH) + 5,1 \text{ mV} \dots\dots\dots(4-6)$$

Grafik hubungan antara tegangan keluaran sebagai fungsi derajat keasaman (pH) dapat ditunjukkan dalam Gambar 4.5.

Tabel 4.1 Hubungan antara Derajat Keasaman dengan Tegangan Keluaran Elektroda pH

Derajat Keasaman	Tegangan keluaran
4	2,3 mV
7	0,2 mV



Gambar 4.5 Grafik Tegangan Keluaran Elektroda pH sebagai Fungsi Derajat Keasaman (pH)

4.4.4 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Rangkaian Detektor Keasaman

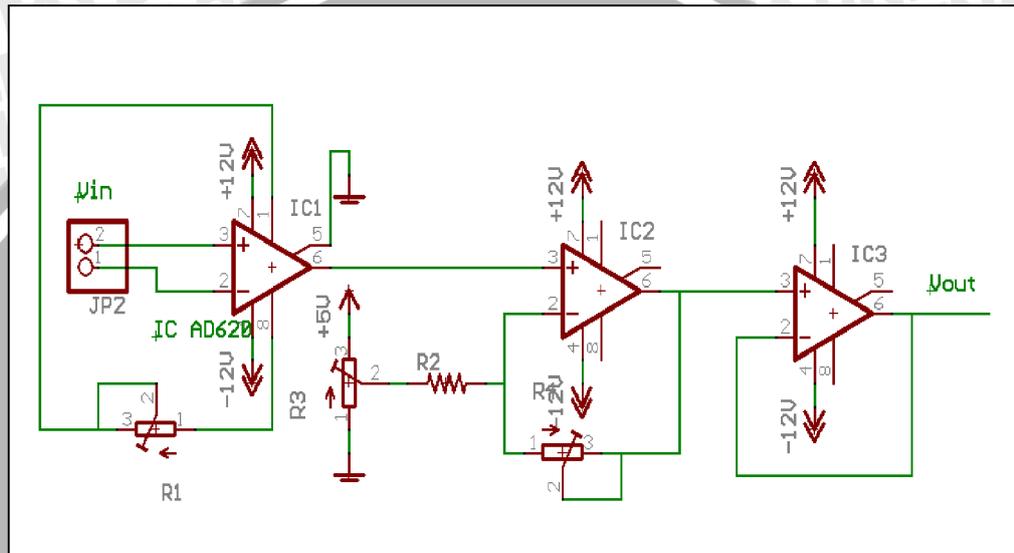
Rangkaian pengkondisi sinyal diperlukan karena keluaran dari sensor pH sangat kecil, dan masukan ADC hanya berkisar pada range 0 – 5 V. Pada perancangan detektor keasaman ini rangkaian pengkondisi sinyal yang digunakan meliputi rangkaian penguat instrumentasi dan rangkaian penguat non-inverting. ADC yang dipergunakan yaitu ADC 8 bit dengan tegangan referensi sebesar 5 V. Jadi tegangan maksimal yang dapat masuk ke dalam ADC adalah :

$$V_i = 5 \frac{2^8 - 1}{2^8} = 4,98V \dots\dots\dots(4-7)$$

Karena pH yoghurt berkisar antara range 3 – 7 maka harus diketahui berapa besar tegangan keluaran pada pH 3 dan pH 7. Pada saat pH 3 dengan memasukkan nilai ke persamaan dalam Gambar 4.5, maka didapat tegangan keluaran sensor sebesar 3 mV. Sedangkan untuk pH 7 tegangan keluaran adalah sebesar 0,2 mV. Agar dapat masuk ke dalam ADC, maka tegangan maksimum

sebesar 3 mV diubah menjadi 4,98 V range tegangan ADC dan tegangan minimum sebesar 0,2 mV diubah menjadi 0 V range tegangan ADC.

Untuk mendapatkan penguatan dan penambahan tegangan maka pada rangkaian digunakan rangkaian penguat instrumentasi, rangkaian penambah tegangan, dan rangkaian penyangga (*buffer*). Rangkaian pengkondisi sinyal detektor keasaman ditunjukkan dalam Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman

Rangkaian penguat instrumentasi pada perancangan ini digantikan oleh IC Op-amp AD620, dimana Op-amp jenis ini mempunyai noise yang sangat kecil. Karena Op-Amp ini mempunyai penguatan antara 1 - 1000 kali maka dalam perancangan penguatan diset sebesar 1000 kali yaitu dengan cara menentukan nilai R_g sebesar $49,3 \Omega$. Sehingga persamaan rangkaian dapat ditulis sebagai berikut :

$$V_{out} = 1000V_{in}$$

Dimana :

V_{out} = keluaran rangkaian penguat instrumentasi

V_{in} = masukan rangkaian penguat instrumentasi (keluaran sensor)

Karena tegangan keluaran minimum dan maksimum sensor yaitu sebesar 0,2 mV dan 3 mV, maka dengan memasukkan nilai tersebut ke dalam Persamaan (4-8) didapatkan tegangan keluaran penguat instrumentasi minimum sebesar 0,2

V dan tegangan keluaran maksimum sebesar 3 V. Karena range tegangan masukan ADC 8 bit sebesar 0 – 4,98 V maka tegangan tersebut perlu dikondisikan agar sesuai dengan range tegangan masukan ADC. Rangkaian pengkondisi sinyal ini adalah terdiri dari rangkaian penguat tak-membalik dan rangkaian penyangga (*buffer*). Keluaran dari rangkaian penguat instrumentasi yang nilai minimalnya sebesar 0,2 V dikondisikan agar bernilai 0 V dan tegangan keluaran maksimal sebesar 3,0 dikondisikan agar bernilai 4,98 V. Sehingga persamaannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{V_{ref} - V_a}{R_i} = \frac{V_a - V_{out}}{R_f} ; V_a = V_{in} \dots\dots\dots(4-8)$$

Pada saat $V_{in} = 0,2$ V persamaannya :

$$\frac{V_{ref} - 0,2}{R_i} = \frac{0,2 - 0}{R_f}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{0,2}{V_{ref} - 0,2} \dots\dots\dots(4-9)$$

Pada saat $V_{in} = 3,0$ V persamaannya :

$$\frac{V_{ref} - 3}{R_i} = \frac{3 - 5}{R_f}$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-2}{V_{ref} - 3} \dots\dots\dots(4-10)$$

Dari substitusi Persamaan (4-9) dan Persamaan (4-10) maka didapat :

$$\frac{0,2}{V_{ref} - 0,2} = \frac{-2}{V_{ref} - 3}$$

$$0,2V_{ref} - 0,6 = -2V_{ref} + 0,4$$

$$2,2V_{ref} = 1$$

$$V_{ref} = 0,454$$

$$\frac{R_f}{R_i} = \frac{-2}{V_{ref} - 3} = \frac{-2}{0,454 - 3} = 0,787$$

Apabila nilai R_i ditetapkan sebesar 1 k Ω maka didapatkan nilai R_f sebesar 787 Ω . Dengan demikian maka rangkaian pengkondisi sinyal yang dipergunakan adalah



Karena penguatan yang diharapkan sebesar 10 kali maka dengan mengeset nilai R2 sebesar 1 kΩ akan didapat nilai R2 sebesar :

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) V_{in}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

$$10 = \left(1 + \frac{R2}{1k}\right)$$

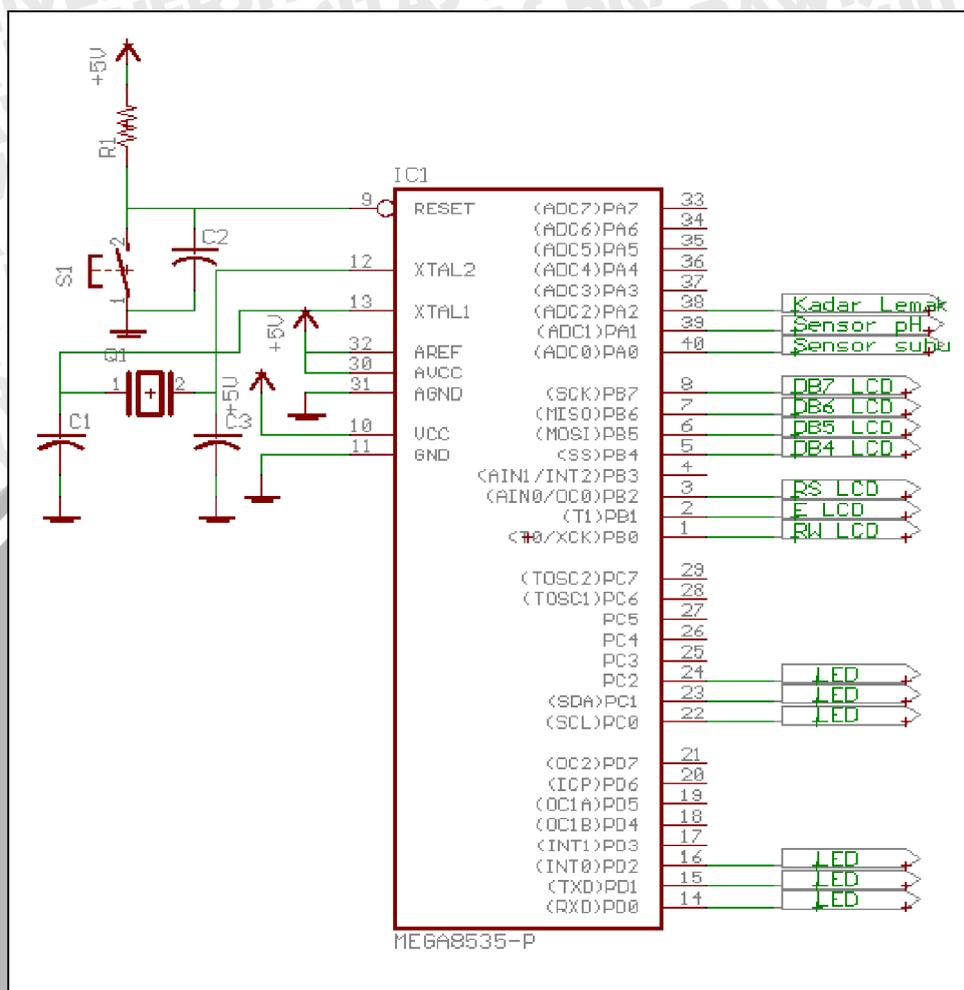
$$9 = \frac{R2}{1k}$$

$$R2 = 9 \text{ k}\Omega$$

4.4.6 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler ATmega8535 berfungsi sebagai pengatur aliran data dan sinyal kontrol. Dalam hal ini data yang diolah dalam Mikrokontroler ATmega8535 adalah data digital. Mikrokontroler ATmega8535 mempunyai 4 port dimana masing-masing port mempunyai 8 jalur. Masing-masing port tersebut dapat difungsikan sebagai jalur data, jalur alamat ataupun sinyal kontrol. Dalam penggunaan dan pemilihan port-port dalam mikrokontroler sebaiknya dipilih dengan melihat fungsi dari masing-masing port. Dalam perancangan ini port-port yang digunakan adalah sebagai berikut :

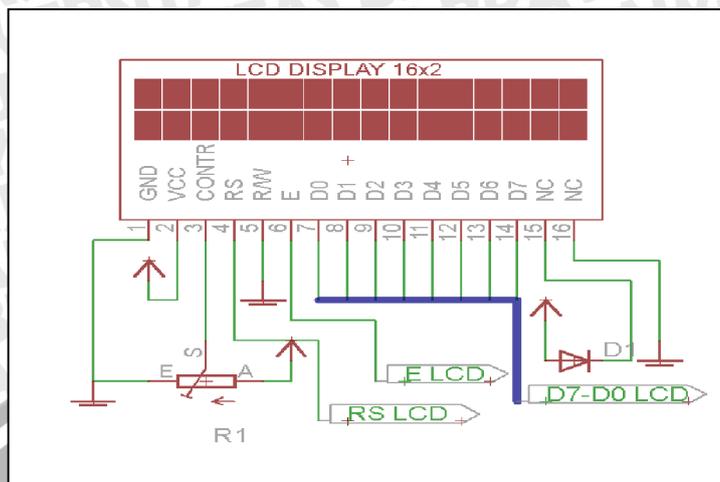
1. PA0 difungsikan sebagai saluran masukan ADC yang inputnya berasal dari sensor suhu.
2. PA1 difungsikan sebagai saluran masukan ADC yang inputnya berasal dari detektor keasaman.
3. PA2 difungsikan sebagai saluran masukan ADC yang inputnya berasal dari detektor kadar lemak.
4. PB4 - PB7 difungsikan sebagai port output yang digunakan untuk jalur data DB4 - DB7 LCD.
5. PB0 - PB1 difungsikan sebagai port output dan digunakan untuk memberikan sinyal *enable* pada LCD yaitu R/W dan E.
6. PC0 - PC2 serta PD0 - PD2 difungsikan sebagai port output dan digunakan untuk memberikan sinyal indikator LED.



Gambar 4.9 Rangkaian Mikrokontroler ATmega8535

4.4.7 Rangkaian LCD

LCD yang digunakan dalam perancangan ini adalah LCD tipe M1632 dimana LCD ini terdiri dari 16 kolom dan 2 baris. Bus data LCD (D4 – D7) terhubung dengan port B mikrokontroler yaitu (PB4 – PB7). RS dihubungkan dengan port B0 dari mikrokontroler. Sedangkan R/W yang fungsinya untuk menulis dihubungkan dengan ground. Untuk mengaktifkan E (*enable*) dibutuhkan keluaran dari port B1. Sedangkan untuk mengatur tingkat kecerahan LCD digunakan resistor variabel 10 kΩ yang terhubung dengan pin 3 yaitu pin kontras. Konfigurasi pin LCD dapat dilihat dalam Gambar 4.10.

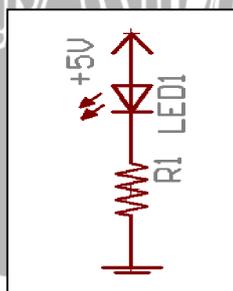


Gambar 4.10 Konfigurasi Pin LCD

4.4.8 Rangkaian Indikator LED

LED (*Light Emitting Diode*) dalam perancangan ini difungsikan sebagai indikator kualitas yoghurt. Oleh karena itu jenis LED yang dipergunakan terdiri dari 3 macam warna yaitu LED berwarna merah, kuning, dan hijau. LED berwarna hijau sebagai indikator kualitas baik, LED berwarna kuning sebagai indikator kualitas cukup dan LED warna hijau sebagai indikator kualitas buruk.

Dalam perancangan ini tegangan operasi yang digunakan untuk menyalakan LED sebesar 5 V. Sedangkan tegangan LED pada umumnya berkisar antara 1,5 – 2 V. Maka dengan menggunakan resistor 330 Ω yang terhubung seri dengan LED akan didapat arus yang mengalir pada LED. Rangkaian indikator LED ditunjukkan dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Rangkaian Indikator LED

Berdasarkan rangkaian diatas maka nilai I_{LED} dapat dihitung menggunakan Persamaan (4-11).

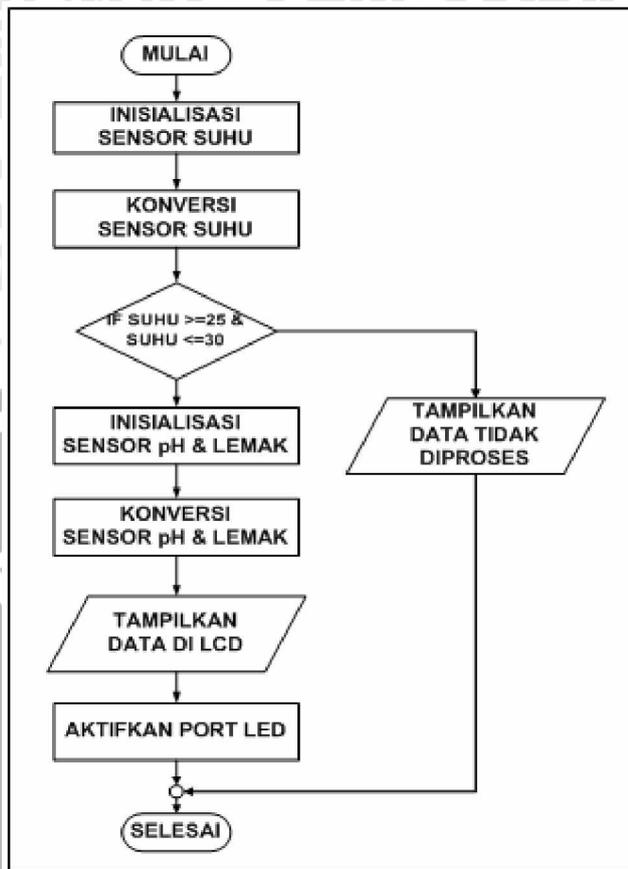
$$\begin{aligned} I_{LED} &= \frac{V_{CC} - V_{LED}}{R} \dots\dots\dots (4-11) \\ &= \frac{5 - 1,5}{330} \\ &= 10 \text{ mA} \end{aligned}$$

Pada umumnya aplikasi LED dapat dikendalikan dengan dua cara yaitu cara pertama dengan menghubungkan anoda ke catu positif sedangkan katoda ke luar rangkaian, dan cara kedua yaitu dengan menghubungkan katoda ke ground dan anoda ke luar rangkaian. Perancangan ini menggunakan cara yang pertama dimana anoda terhubung ke Vcc dan ground terhubung ke port mikrokontroler. Pada cara ini LED akan menyala saat rangkaian berlogika 0 (terhubung ke ground) dan akan mati saat rangkaian berlogika 1.

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang menggunakan bahasa pemrograman C yang kompatibel dengan Mikrokontroler ATmega8535. Pembuatan program menggunakan perangkat lunak Code Vision AVR yang diproduksi HP Info Tech. Keunggulan perangkat lunak ini adalah selain bahasa pemrograman yang relatif mudah, *programmer* juga dapat mengetahui isi register ataupun terminal I/O. Perangkat lunak yang dibuat dan disesuaikan dengan kebutuhan alat yang akan direalisasikan agar tujuan akhir perancangan dapat terpenuhi.

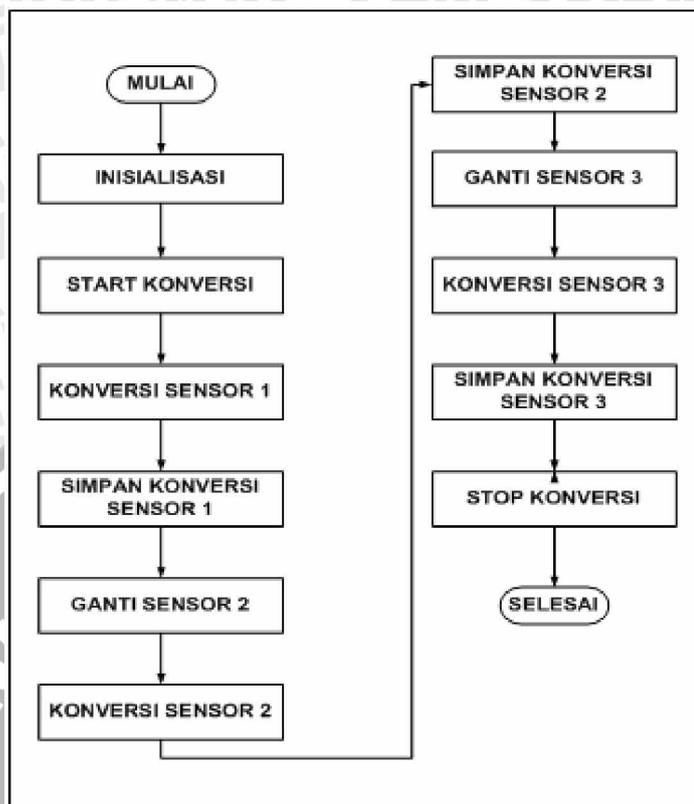
Secara umum alur perancangan program keseluruhan sistem dimulai dari inisialisasi port yang terhubung dengan sensor suhu. Kemudian setelah proses inisialisasi dilanjutkan dengan proses konversi. Pada proses berikutnya akan dilakukan proses seleksi kondisi dimana program akan dilanjutkan jika suhu berkisar antara 25 – 30 °C. Jika suhu diluar range tersebut, maka data yang ditampilkan LCD adalah “Data tidak diproses”. Setelah proses seleksi kondisi, dilanjutkan dengan proses inisialisasi port yang terhubung dengan detektor pH dan detektor kadar lemak yang kemudian dilanjutkan dengan proses konversi masing-masing detektor tersebut. Hasil konversi kemudian akan ditampilkan di LCD dan indikator LED. Alur program secara keseluruhan dapat dilihat dalam Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Alur Program Secara Keseluruhan

4.5.1 Perangkat Lunak Mikrokontroller ATmega8535 dengan ADC

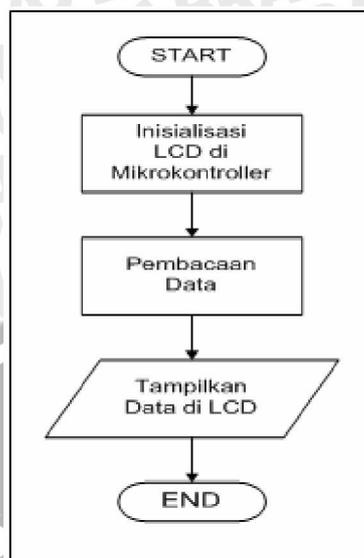
Program mikrokontroller ATmega8535 dimulai dengan inialisasi ADC kemudian diteruskan dengan proses konversi. Pengkonversian dilakukan dengan cara mengkonversi satu per-satu input dari ADC. Dalam hal ini input dari ADC dibagi menjadi 3 yaitu sinyal analog dari detektor kadar lemak, sinyal analog dari detektor keasaman, dan dari sensor suhu. Hasil konversi selanjutnya akan disimpan dalam memori yang terdapat dalam mikrokontroller dan nantinya akan digunakan dalam proses berikutnya dalam proses pengolahan data. Gambar 4.13 menunjukkan diagram alir program mikrokontroller ATmega8535 dengan ADC.



Gambar 4.13 Diagram Alir Mikrokontroller Atmega8535 dengan ADC

4.5.2 Perangkat Lunak Mikrokontroller ATmega8535 dengan LCD

Langkah-langkah yang harus diperhatikan untuk menampilkan suatu karakter pada LCD adalah dengan cara menginisialisasi LCD terlebih dahulu. Mode operasi yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah mode operasi 4 bit. Artinya hanya ada 4 Port pada mikrokontroller yang terhubung dengan LCD, dalam perancangan ini digunakan Port PB4- PB7 sebagai jalur data bus yang diperlukan dalam proses transfer data. Pada mode ini 4 bit data MSB akan dikirim terlebih dahulu kemudian baru dilanjutkan oleh 4 bit LSB. Setelah melakukan proses inisialisasi mikrokontroller dan LCD maka proses pengiriman data atau instruksi dapat dilakukan. Gambar 4.14 menunjukkan diagram alir program mikrokontroller dengan LCD.

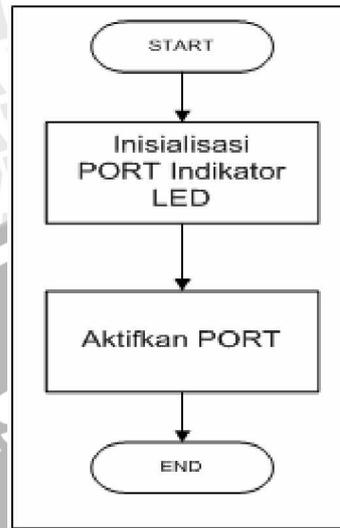


Gambar 4.14 Diagram Alir Perangkat Lunak Mikrokontroler dengan LCD

4.5.3 Perangkat Lunak Mikrokontroler ATmega8535 dengan LED

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam memberikan perintah indikator LED adalah menentukan apakah port yang terhubung dengan LED aktif low atau high. Dalam perancangan ini ditentukan bahwa indikator LED aktif low. Langkah selanjutnya yaitu menentukan port yang terhubung dengan LED. Dalam perancangan ini port yang terhubung dengan LED yaitu port C dan port D. Port C digunakan sebagai indikator kualitas keasaman sedangkan port D digunakan sebagai indikator kualitas kadar lemak. Untuk indikator kualitas keasaman portC.0 terhubung dengan LED warna hijau, portC.1 terhubung dengan LED warna kuning dan portC.2 terhubung dengan LED warna merah. Sedangkan untuk indikator kualitas kadar lemak portD.0 terhubung dengan LED warna hijau, portD.1 terhubung dengan LED warna kuning dan portDC.2 terhubung dengan LED warna merah. Masing masing LED difungsikan sebagai penanda kualitas, baik itu keasaman ataupun kadar lemak. Warna hijau untuk kualitas baik, warna kuning untuk kualitas cukup dan warna merah untuk kualitas buruk. Setelah seluruh rangkaian dari mikrokontroler terhubung maka dilanjutkan dengan membuat perangkat lunak dengan menggunakan *Code Vision AVR* yang berisi perintah logika ke masing-masing port, jika port diberikan logika 0 (terhubung dengan ground mikrokontroler) maka indikator LED akan menyala, begitu sebaliknya jika diberi logika 1 maka indikator LED akan mati. Gambar 4.15

menunjukkan diagram alir perangkat lunak mikrokontroller dengan indikator LED.



Gambar 4.15 Diagram Alir Perangkat Lunak Mikrokontroller dengan Indikator LED



BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang penjelasan prosedur pengujian dari alat yang telah dirancang guna mengetahui sistem telah bekerja dengan baik sesuai dengan perencanaan. Pengujian dilakukan dengan memberikan perubahan masukan pada masing-masing blok diagram yang akan diuji. Dari hasil pengujian tersebut maka akan didapat data yang nantinya akan dianalisis untuk dijadikan dasar acuan dalam penyusunan kesimpulan. Agar didapatkan data yang valid maka pengujian dilakukan pada masing-masing blok diagram. Adapun blok diagram yang diuji adalah :

- 1) Pengujian detektor kadar lemak.
- 2) Pengujian rangkaian pengubah arus ke tegangan.
- 3) Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal detektor kadar lemak.
- 4) Pengujian elektroda pH.
- 5) Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal detektor keasaman.
- 6) Pengujian sensor suhu.
- 7) Pengujian ADC.
- 8) Pengujian rangkaian LCD.
- 9) Pengujian rangkaian indikator LED.
- 10) Pengujian keseluruhan sistem.

5.1 Pengujian Detektor Kadar Lemak

5.1.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya keluaran detektor dalam mendeteksi adanya perbedaan intensitas cahaya setelah melewati sampel yoghurt yang memiliki kandungan lemak yang berbeda-beda.

5.1.2 Peralatan Pengujian

Alat-alat bantu yang digunakan dalam pengujian ini antara lain :

- Catu daya DC ± 12 V
- Catu daya DC ± 5 V
- Multimeter

- Tabung tempat sampel

5.1.3 Prosedur Pengujian

- 1) Mengatur blok rangkaian yang akan diuji seperti dalam Gambar 5.1.
- 2) Mengatur posisi saklar pada multimeter pada range tegangan yang sesuai.
- 3) Menghidupkan catu daya.
- 4) Memasukkan sampel yang berbeda-beda ke dalam wadah secara bergantian.
- 5) Mengamati dan mencatat tegangan keluaran yang terlihat pada multimeter.



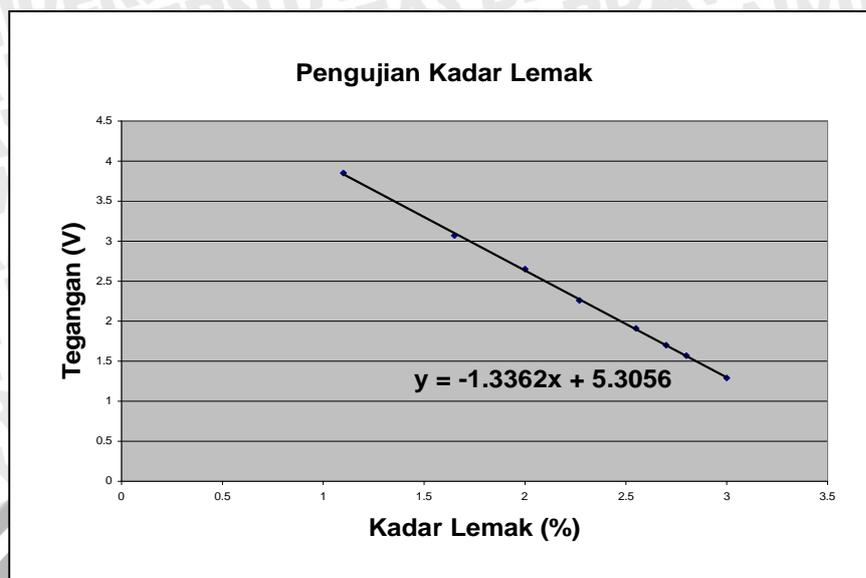
Gambar 5.1 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Detektor Kadar Lemak

5.1.4 Hasil Pengujian dan Analisis Data

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sampel yoghurt kemudian disinari oleh sumber cahaya yang memiliki intensitas cahaya yang tetap. Kemudian oleh detektor fotodiode diterima dan akan dikonversi menjadi keluaran dalam bentuk arus. Keluaran dalam bentuk arus tersebut akan dirubah dalam bentuk tegangan oleh rangkaian pengubah arus ke tegangan. Data hasil pengujian detektor kadar lemak ditunjukkan dalam Gambar 5.1

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Detektor Kadar Lemak

No	Kadar Lemak (%)	Pengukuran ke -				
		I (V)	II(V)	III(V)	IV(V)	Rata-rata (V)
1	1,10	3,86	3,84	3,86	3,85	3,85
2	1,65	3,06	3,05	3,07	3,08	3,07
3	2,00	2,65	2,63	2,67	2,64	2,65
4	2,27	2,26	2,25	2,26	2,27	2,26
5	2,55	1,90	1,92	1,89	1,91	1,91
6	2,70	1,69	1,71	1,70	1,71	1,70
7	2,80	1,57	1,58	1,55	1,56	1,57
8	3,00	1,28	1,30	1,28	1,29	1,29



Gambar 5.1 Grafik Tegangan Keluaran Detektor sebagai Fungsi Kadar Lemak

Hasil pengujian respon detektor kadar lemak dalam Tabel 5.1 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 5.1. Dari hasil pengujian detektor kadar lemak dengan kisaran antara 1,10 – 3,0 % didapatkan tegangan keluaran antara 1,29 – 3,85 V. Dari grafik pada gambar di atas didapatkan bahwa hasil pengujian respon detektor yang diukur dari keluran rangkaian pengkondisi sinyal terhadap kandungan kadar lemak yang terukur adalah mendekati linear. Dengan memasukkan nilai tegangan ke persamaan yang terdapat dalam Gambar 5.1 didapatkan kadar lemak minimal yang dapat diukur adalah 0,1 % dan maksimal 5,5%.

5.2 Pengujian Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan

5.2.1 Tujuan

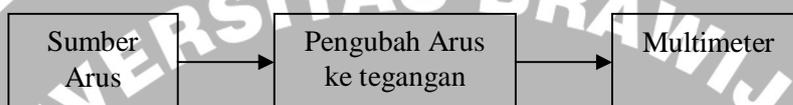
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian saat diberi masukan arus tertentu. Masukan yang diberikan sama dengan besarnya keluaran sensor fotodioda.

5.2.2 Peralatan Pengujian

- Catu daya DC ± 12 V
- Sumber arus
- Multimeter

5.2.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.2.
- 2) Mengatur posisi saklar multimeter pada ampere meter untuk masukan dan voltmeter untuk keluaran.
- 3) Menghidupkan catu daya.
- 4) Menghidupkan sumber arus.
- 5) Merubah-ubah besaran arus yang dialirkan.
- 6) Mengamati dan mencatat nilai masukan dan keluaran seperti yang terlihat pada multimeter.



Gambar 5.2 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan

5.2.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian rangkaian pengubah arus ke tegangan maka didapat data yang ditunjukkan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian dan Analisis Data Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan

No	Arus Masukan (μA)	Tegangan Keluaran		% Kesalahan
		Perhitungan (V)	Pengukuran (V)	
1	0,5	-0,50	-0,49	2,00
2	1,0	-1,00	-0,98	2,00
3	1,5	-1,50	-1,47	2,00
4	2,0	-2,00	-1,99	0,50
5	2,5	-2,50	-2,48	0,80
Kesalahan Rata-rata				1,46

Dari hasil pengujian diperoleh data keluaran berupa keluran berupa tegangan yang ditunjukkan dalam Tabel 5.2. Persentase kesalahan antara hasil perhitungan dan pengukuran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Cooper : 1985).

$$\% \text{ Kesalahan} = \left| \frac{\text{pengukuran} - \text{perhitungan}}{\text{pengukuran}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(5-1)$$



$$\% \text{ Kesalahan Rata-rata} = \frac{\sum \% \text{kesalahan}}{n} \dots\dots\dots(5-2)$$

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa saat rangkaian diberikan arus minimal sebesar 0,5 μ A dan maksimal 2,5 μ A keluaran rangkaian yaitu -0,49 V dan -2,48 V. Dari tabel 5.2 dapat dilihat bahwa kesalahan terbesar adalah 2,0 % sedangkan kesalahan terkecil adalah 0,5 %, dengan memasukkan data ke Persamaan 5.2 maka didapat kesalahan rata-rata sebesar 1,46 %.

5.3 Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak

5.3.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan rangkaian pengkondisi sinyal saat diberi masukan tegangan tertentu. Tegangan yang dihasilkan harus sesuai dengan range tegangan ADC.

5.3.2 Peralatan Pengujian

- Catu daya DC \pm 12 V
- Sumber Tegangan Variabel
- Multimeter

5.3.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.3.
- 2) Mengatur posisi saklar multimeter pada voltmeter.
- 3) Menghidupkan catu daya.
- 4) Menghidupkan sumber tegangan.
- 5) Merubah-rubah besaran tegangan masukan.
- 6) Mengamati dan mencatat nilai masukan dan keluaran seperti yang terlihat pada multimeter.



Gambar 5.3 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak



5.3.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal detektor kadar lemak maka didapat data yang ditunjukkan dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3. Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Kadar Lemak

No	Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran		% Kesalahan
		Perhitungan (V)	Pengukuran (V)	
1	-1,0	1,532	1,559	1,73
2	-1,5	2,382	2,420	1,57
3	-2,0	3,234	3,269	1,07
4	-2,5	4,084	4,120	0,87
5	-3,0	4,936	4,969	0,66
Kesalahan Rata-rata				1,18

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa saat rangkaian diberikan tegangan masukan minimal -1,0 V dan maksimal -3,0, tegangan keluaran yang dihasilkan yaitu 1,559 V dan 4,969 V. Analisis pengujian rangkaian pengkondisi sinyal detektor kadar lemak dilakukan dengan cara melakukan perhitungan persentase kesalahan terhadap hasil pengukuran dan perhitungan secara teori dengan menggunakan Persamaan 5.1 dan 5.2. Dari hasil perhitungan didapat kesalahan rata-rata sebesar 1,18 %.

5.4 Pengujian Elektroda pH

5.4.1 Tujuan

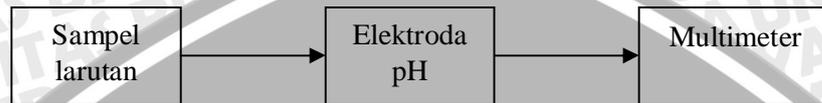
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya keluran elektroda pH dalam hal ini berupa tegangan jika digunakan untuk mengukur derajat keasaman (pH) larutan. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran elektroda pH saat dimasukkan ke dalam sampel larutan yang sudah diketahui derajat keasamannya.

5.4.2 Peralatan Pengujian

- Elektroda pH
- Sampel larutan pH 2,2, pH 3, pH 4, pH 5, pH 7.
- Multimeter

5.4.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.4.
- 2) Memasukkan elektroda pH ke dalam larutan sampel.
- 3) Mengatur posisi saklar multimeter pada voltmeter.
- 4) Mengamati dan mencatat nilai tegangan keluaran yang dihasilkan elektroda pH.



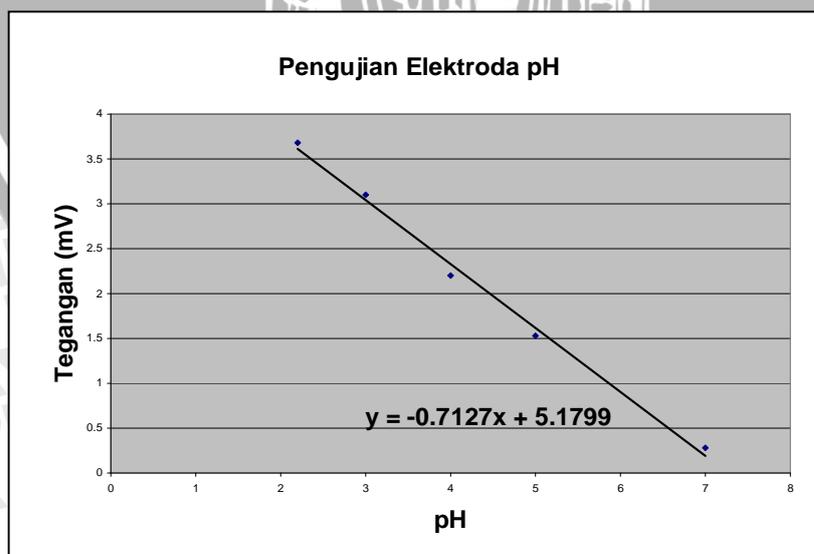
Gambar 5.4 Blok Diagram Pengujian Elektroda pH

5.4.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian elektroda pH maka didapat data yang ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Elektroda pH

No	pH (derajat keasaman)	Pengukuran ke -				Rata-rata (mV)
		I (mV)	II(mV)	III(mV)	IV(mV)	
1	2,2	3,5	3,7	3,9	3,6	3,68
2	3,0	3,0	3,1	3,1	3,0	3,05
3	4,0	2,3	2,3	2,2	2,2	2,25
4	5,0	1,4	1,5	1,6	1,6	1,53
5	7,0	0,3	0,2	0,3	0,3	0,28



Gambar 5.5 Grafik Tegangan Keluaran Elektroda pH sebagai Fungsi Derajat Keasaman

Dari hasil pengujian elektroda pH dengan kisaran pengukuran antara pH 3 - 7 didapatkan tegangan keluaran elektroda pH sebesar 0,28 - 3,05 mV. Hasil pengujian respon elektroda pH dalam Tabel 5.4 dapat ditampilkan dengan bentuk grafik seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 5.5. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa hasil pengujian respon tegangan yang dihasilkan elektroda pH terhadap pH (derajat keasaman) yang diukur adalah mendekati linear. Resolusi dari elektroda pH adalah 0,125 sedangkan sensitivitasnya 0,1 mV/0,125 pH.

5.5 Pengujian Rangkaian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman

5.5.1 Tujuan

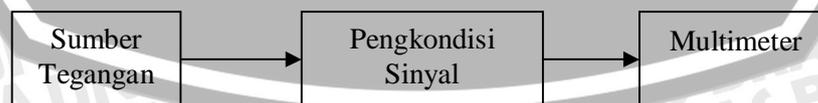
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan rangkaian pengkondisi sinyal saat diberi masukan tegangan tertentu. Tegangan yang dihasilkan harus sesuai dengan range tegangan ADC.

5.5.2 Peralatan Pengujian

- Catu daya DC ± 12 V
- Sumber Tegangan Variabel
- Multimeter

5.5.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.6.
- 2) Mengatur posisi saklar multimeter pada voltmeter.
- 3) Menghidupkan catu daya.
- 4) Menghidupkan sumber tegangan.
- 5) Merubah-rubah besaran tegangan masukan.
- 6) Mengamati dan mencatat nilai masukan dan keluaran seperti yang terlihat pada multimeter.



Gambar 5.6 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman

5.5.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal detektor keasaman maka didapat data yang ditunjukkan dalam Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal Detektor Keasaman

No	Tegangan Masukan (mV)	Tegangan Keluaran		% Kesalahan
		Perhitungan (V)	Pengukuran (V)	
1	0,3	0,18	0,19	5,26
2	0,7	0,89	0,94	5,32
3	1,3	1,97	2,09	5,74
4	2,1	3,40	3,44	1,16
5	3,0	5,00	4,90	2,00
Kesalahan Rata-rata				3,90

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa saat rangkaian diberikan tegangan masukan minimal 0,3 mV dan maksimal 3,0 mV, tegangan keluaran yang dihasilkan yaitu 0,19 V dan 4,90 V. Analisis pengujian rangkaian pengkondisi sinyal detektor kadar lemak dilakukan dengan cara melakukan perhitungan persentase kesalahan terhadap hasil pengukuran dan perhitungan secara teori dengan menggunakan Persamaan 5.1 dan 5.2. Dari hasil perhitungan didapat kesalahan rata-rata 3,90 %.

5.6 Pengujian Detektor Suhu

5.6.1 Tujuan

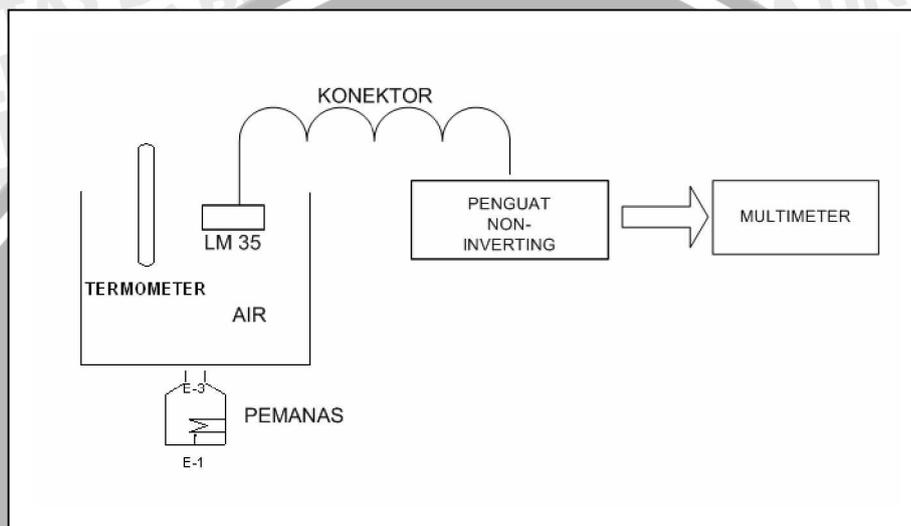
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya tegangan keluaran yang dihasilkan oleh detektor suhu. Dalam hal ini detektor suhu terdiri dari sebuah sensor suhu LM35 yang terhubung dengan penguat non-inverting yang penguatannya sebesar 10 kali. Pengujian dilakukan dengan cara mengukur tegangan pada keluaran rangkaian penguat non-inverting.

5.6.2 Peralatan Pengujian

- Sensor suhu LM35
- Penguat non-inverting
- Termometer digital (sebagai referensi)
- Catu daya
- Multimeter

5.6.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.7.
- 2) Mengatur posisi saklar multimeter pada voltmeter.
- 3) Mencatat suhu yang ditampilkan oleh termometer digital.
- 4) Menghidupkan catu daya.
- 5) Mengamati dan mencatat keluaran seperti yang terlihat pada multimeter.



Gambar 5.7 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Detektor Suhu

5.6.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal detektor suhu maka didapat data yang ditunjukkan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Detektor Suhu

No	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Tegangan Keluaran		% Kesalahan
		Perhitungan (V)	Pengukuran (V)	
1	25	2,50	2,52	0,79
2	27	2,70	2,73	1,11
3	30	3,00	3,03	0,99
4	33	3,30	3,32	0,60
5	35	3,50	3,51	0,28
Kesalahan Rata-rata				0,75

Dari hasil pengujian detektor suhu pada pengukuran suhu antara 25 – 35 $^{\circ}\text{C}$ didapatkan tegangan keluaran detektor yaitu 2,52 – 3,51 V. Analisis pengujian

repository.ub.ac.id

rangkaian pengkondisi sinyal detektor suhu dilakukan dengan cara melakukan perhitungan persentase kesalahan terhadap hasil pengukuran dan perhitungan secara teori dengan menggunakan Persamaan 5.1 dan 5.2. Dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan kesalahan rata-rata sebesar 0,75 %.

5.7 Pengujian *Analog to Digital Converter* (ADC)

5.7.1 Tujuan

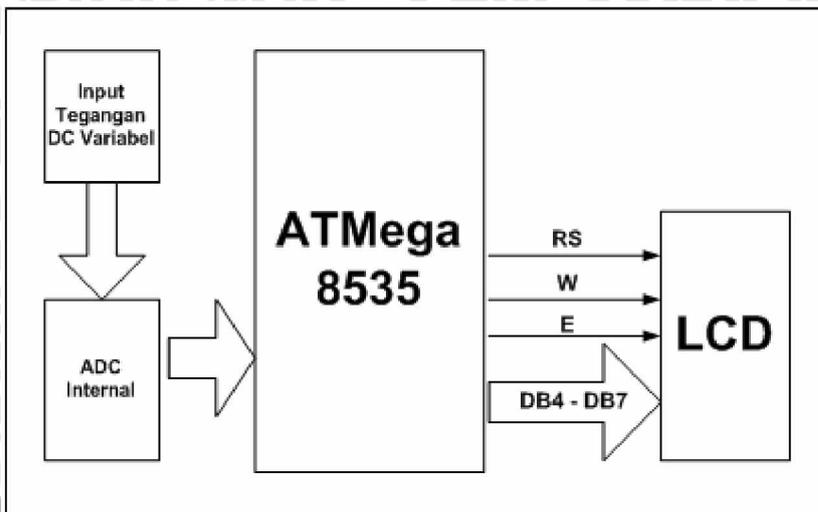
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah ADC sudah dapat bekerja untuk mengkonversi sinyal analog menjadi sinyal digital. Dalam pengujian ini ADC yang dipergunakan adalah ADC internal yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535.

5.7.2 Peralatan Pengujian

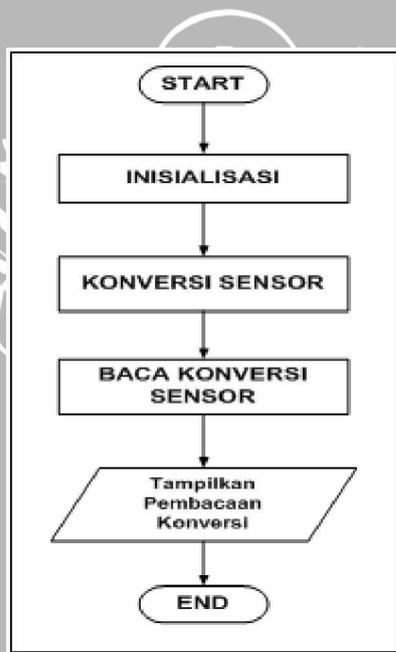
- Minimum sistem mikrokontroler ATmega8535
- Tegangan DC variabel (sebagai masukan ADC)
- Multimeter
- LCD
- Perangkat lunak *Code Visison AVR*
- Perangkat lunak *Mywrite*

5.7.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.8.
- 2) Membuat perangkat lunak dengan menggunakan *Code Vision AVR* yang berisi perintah proses inialisasi ADC. Kemudian setelah proses inialisasi akan dilanjutkan dengan proses konversi menjadi data digital. Selanjutnya hasil konversi akan dibaca dan ditampilkan pada LCD. Diagram alir pengujian perangkat lunak ADC ditunjukkan dalam Gambar 5.9.
- 3) Melakukan proses *compiling* pada perangkat lunak yang telah dibuat, dilanjutkan proses menulis ke dalam mikrokontroler ATmega8535 dengan menggunakan perangkat lunak *Mywrite*.
- 4) Merubah-ubah besaran tegangan masukan.
- 5) Mengamati dan mencatat hasil yang ditampilkan oleh LCD.



Gambar 5.8 Blok Diagram Pengujian Rangkaian ADC



Gambar 5.9 Diagram Alir Perangkat Lunak ADC

5.7.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian rangkaian *Analog to Digital Converter (ADC)* maka didapat data yang ditunjukkan dalam Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Data Hasil Pengujian ADC

No	Tegangan Masukan (V)	Keluaran ADC		% Kesalahan
		Perhitungan	Pengujian	
1	0,5	25,6	26	1,53
2	0,75	38,4	39	1,53
3	0,90	46,1	46	0,22
4	1,10	56,3	55	2,36
5	1,30	66,6	67	0,60
6	1,40	71,7	72	0,42
7	1,50	76,8	76	1,05
8	1,75	89,6	90	0,44
9	2,0	102,4	103	0,58
10	2,5	128,1	128	0,08
Kesalahan Rata-rata				0,88

Dari hasil pengujian didapat selisih antara 1 sampai 2 LSB dengan hasil perhitungan. Namun secara keseluruhan terdapat kesesuaian antara data hasil konversi ADC terhadap tegangan masukan yang diberikan. Hal ini menandakan bahwa ADC dapat bekerja dengan baik sesuai perencanaan.

5.8 Pengujian *Liquid Crystal Display (LCD)*

5.8.1 Tujuan

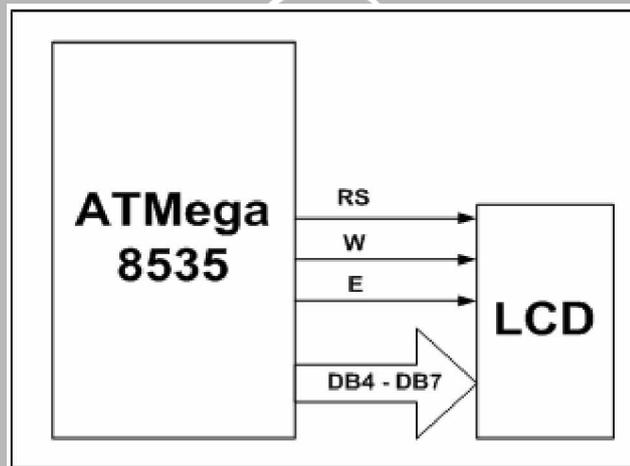
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah data yang diolah oleh mikrokontroler dapat dibaca dan ditampilkan dengan baik oleh LCD. Data yang ditampilkan berupa karakter dimana karakter maksimum yang dapat ditampilkan oleh LCD berjumlah 2×16 karakter.

5.8.2 Peralatan Pengujian

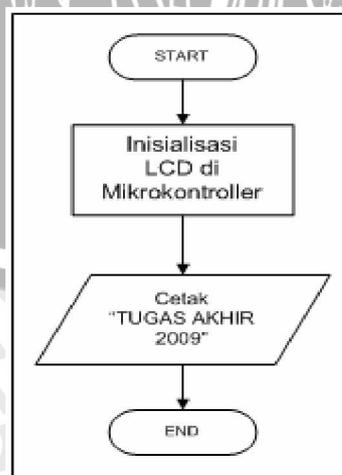
- Minimum sistem mikrokontroler ATmega8535.
- LCD 2×16 karakter
- Perangkat Lunak *Code Vision AVR*
- Perangkat Lunak *Mywrite*

5.8.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.10.
- 2) Membuat perangkat lunak dengan menggunakan *Code Vision AVR* yang berisi perintah inialisasi LCD. Kemudian setelah proses inialisasi dilanjutkan dengan penulisan karakter “Riza Aliyan 2009” “TUGAS AKHIR”. Diagram alir pengujian perangkat lunak LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.11.
- 3) Melakukan proses *compiling* pada perangkat lunak yang telah dibuat, dilanjutkan proses menulis ke dalam mikrokontroller ATmega8535 dengan menggunakan perangkat lunak *Mywrite*
- 4) Mengamati dan mencatat data yang ditampilkan oleh LCD.



Gambar 5.10 Blok Diagram Pengujian Rangkaian LCD



Gambar 5.11 Diagram Alir Perangkat Lunak LCD

5.8.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari pengujian rangkaian LCD maka dapat disimpulkan bahwa LCD dapat bekerja dengan baik. Begitu juga dengan perangkat lunak *Code Vision AVR* yang sudah dapat melakukan proses pengolahan data dengan baik dan menampilkannya pada LCD.

Tampilan hasil pengujian LCD ditunjukkan dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Tampilan Hasil Pengujian LCD

5.9 Pengujian Indikator LED

5.9.1 Tujuan

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah indikator LED dapat bekerja dengan baik saat diberi perintah menyala ataupun mati dari mikrokontroller.

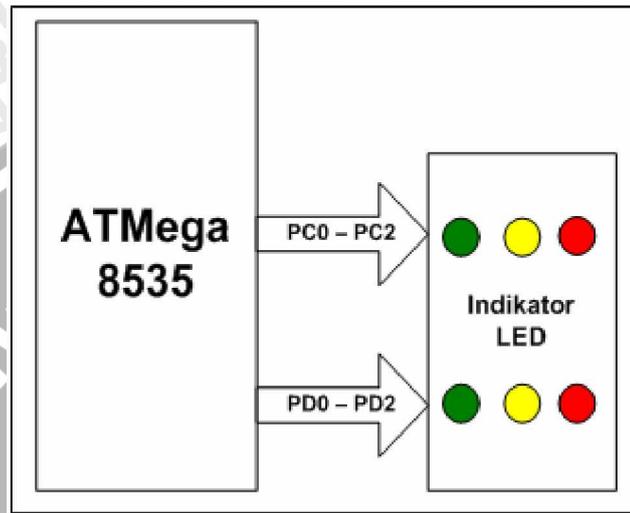
5.9.2 Peralatan Pengujian

- Minimum sistem mikrokontroller ATmega8535
- Indikator LED
- Perangkat Lunak *Code Vision AVR*
- Perangkat Lunak *Mywrite*

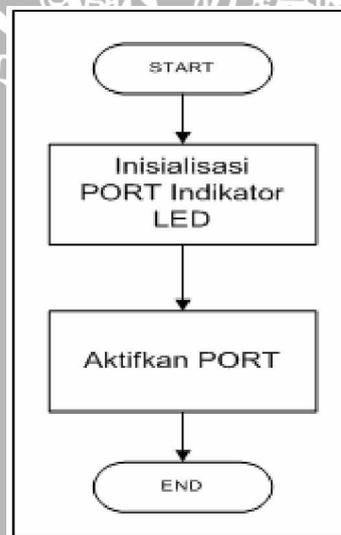
5.9.3 Prosedur Pengujian

- 1) Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.13.
- 2) Membuat perangkat lunak dengan menggunakan *Code Vision AVR* yang berisi perintah inisialisasi port yang terhubung dengan indikator LED. Kemudian dilanjutkan dengan perintah ke masing-masing port, jika port diberikan logika 0 (terhubung dengan ground mikrokontroller) maka indikator LED akan menyala, begitu sebaliknya jika diberi logika 1 maka indikator LED akan mati. Diagram alir pengujian perangkat lunak indikator LED ditunjukkan dalam Gambar 5.14.

- 3) Melakukan proses *compiling* pada perangkat lunak yang telah dibuat, dilanjutkan proses menulis ke dalam mikrokontroler ATmega8535 dengan menggunakan perangkat lunak *Mywrite*.
- 4) Mengamati dan mencatat tampilan indikator LED.



Gambar 5.13 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Indikator LED



Gambar 5.14 Diagram Alir Perangkat Lunak Indikator LED

5.9.4 Hasil Pengujian dan Analisis

Dari hasil pengujian rangkaian indikator LED maka didapat data yang ditunjukkan dalam Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Rangkaian Indikator LED

Logika	Indikator LED
0	Menyala
1	Mati

Dari hasil pengujian rangkaian indikator LED didapat data seperti yang ditampilkan Tabel 5.10. Dari tabel di atas, didapatkan bahwa saat rangkaian diberi logika 0 (terhubung dengan *ground* mikrokontroler) maka indikator LED akan menyala, sedangkan saat diberi logika 1 indikator LED akan mati, dengan demikian indikator LED sudah dapat bekerja dengan baik sesuai perencanaan.

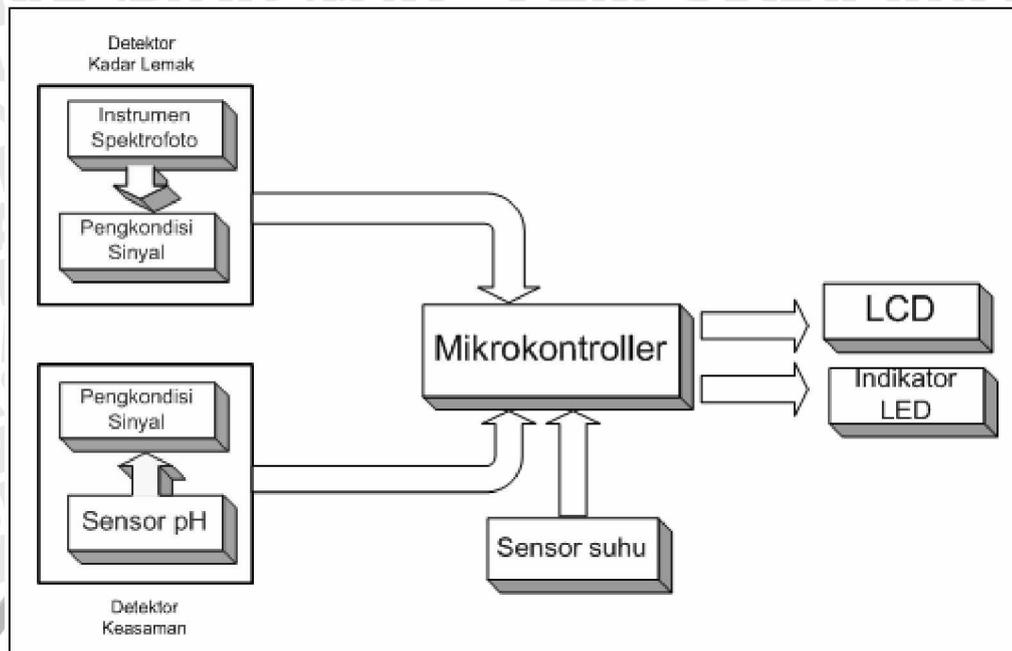
5.10 Pengujian Keseluruhan Sistem

5.10.1 Tujuan

Pengujian keseluruhan sistem dilakukan dengan cara menghubungkan seluruh blok rangkaian dalam sistem, baik perangkat keras maupun perangkat lunak yang terdapat dalam mikrokontroler. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat berjalan dengan baik sesuai perencanaan.

5.10.2 Prosedur Pengujian

- 1) Menggabungkan keseluruhan blok rangkaian yang terdapat dalam sistem seperti Gambar 5.14.
- 2) Meletakkan sampel yang akan diuji.
- 3) Menghidupkan catu daya.
- 4) Mengamati dan mencatat hasil pengujian.



Gambar 5.15 Blok Diagram Pengujian Keseluruhan Sistem

5.10.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Data hasil perbandingan antara keluaran alat dan hasil pengujian di laboratorium ditunjukkan dalam Tabel 5.9 Sedangkan data hasil pengujian keseluruhan sistem ditunjukkan dalam Tabel 5.10.

Tabel 5.9 Data Hasil Perbandingan antara Pengujian Laboratorium dan Keluaran Alat

Sampel Yoghurt	Hasil Laboratorium		Keluaran Alat		Kesalahan (%)	
	pH	Kadar Lemak	pH	Kadar Lemak	pH	Kadar Lemak
Yogurt susu	4,6	3,2 %	4,81	3,35 %	4,37	4,48
Yakult	3,3	3,1 %	3,44	3,32 %	4,06	6,63
Yogleo	3,5	3,5 %	3,67	3,62 %	4,86	4,63
Elle	3,4	4,3 %	3,45	4,54 %	1,45	5,29
Biokul	3,6	3,1 %	3,73	3,22 %	3,46	3,73
Sampel X	3,5	3,3 %	3,80	3,18 %	7,90	4,72
Sampel Y	3,2	3,3 %	3,30	3,50 %	3,03	5,71

Tabel 5.10 Data Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Sampel	Hasil Pengujian				
	Sensor			Tampilan Kualitas di LCD	Indikator LED Menyala
	Suhu	pH	Kadar Lemak		
Yogurt susu	27,05 °C	4,81	3,35 %	Kualitas pH Cukup, Kualitas Lemak <i>Pass Flavour</i>	LED2, LED4
Yakult	26,80 °C	3,44	3,32 %	Kualitas pH Cukup, Kualitas Lemak <i>Pass Flavour</i>	LED2, LED4
Yogleo	27,50 °C	3,67	3,62 %	Kualitas pH Baik, Kualitas Lemak <i>Full Flavour</i>	LED1, LED5
Elle	27,55 °C	3,45	4,54 %	Kualitas pH Cukup, Kualitas Lemak <i>Full Flavour</i>	LED2, LED5
Biokul	27,82 °C	3,73	3,22 %	Kualitas pH Baik, Kualitas Lemak <i>Pass Flavour</i>	LED1, LED4
Sampel X	28,20 °C	3,80	3,18 %	Kualitas pH Baik, Kualitas Lemak <i>Pass Flavour</i>	LED1, LED4
Sampel Y	26,70 °C	3,30	3,50 %	Kualitas pH Buruk, Kualitas Lemak <i>Pass Flavour</i>	LED3, LED4



a)



b)



c)

Gambar 5.16 Tampilan Hasil Keluaran Alat

- a) Tampilan Suhu
- b) Tampilan Nilai pH
- c) Tampilan Kadar Lemak

Keterangan Tabel 5.10 :

Sampel X adalah campuran antara Yogleo dan Elle.

Sampel Y adalah sampel yoghurt yang kondisinya sudah tidak baik (kadaluarsa).

LED1 = LED warna hijau untuk parameter kualitas pH baik.

LED2 = LED warna kuning untuk parameter kualitas pH sedang/cukup.

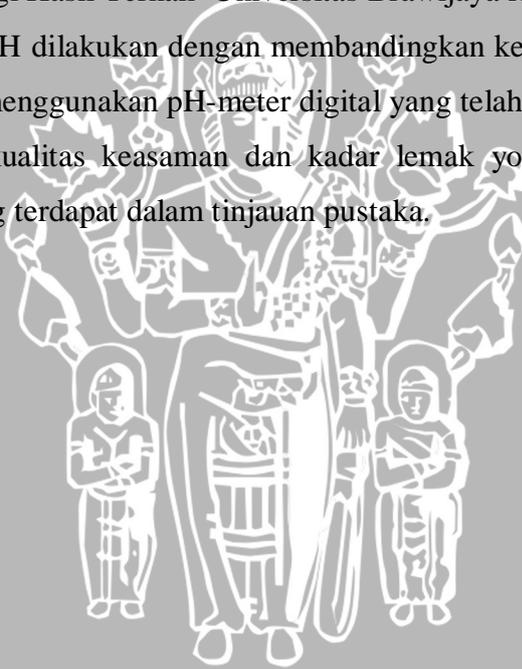
LED3 = LED warna merah untuk parameter kualitas pH buruk.

LED4 = LED warna hijau untuk parameter kualitas kadar lemak *pass flavour*.

LED5 = LED warna kuning untuk parameter kualitas kadar lemak *full* dan *less flavour*.

LED6 = LED warna merah untuk parameter kualitas kadar lemak *poor flavour*.

Kalibrasi pengukuran kadar lemak dilakukan dengan cara membandingkan keluaran alat dengan metode pengukuran kadar lemak yang dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak Universitas Brawijaya Malang. Sedangkan kalibrasi pengukuran pH dilakukan dengan membandingkan keluaran alat dengan hasil pengukuran pH menggunakan pH-meter digital yang telah dikalibrasi. Untuk klasifikasi tingkatan kualitas keasaman dan kadar lemak yoghurt diklasifikasi menurut tingkatan yang terdapat dalam tinjauan pustaka.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan baik pengujian per blok rangkaian maupun pengujian sistem secara keseluruhan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Alat ini hanya bekerja pada suhu ruangan tertentu. Dalam perancangan ini suhu ruangan yang digunakan berkisar antara 25 – 30 °C.
- 2) Pada pengukuran pH (derajat keasaman) alat ini mampu mengukur antara pH 3 sampai pH 7. Parameter kualitas pH (derajat keasaman) yoghurt dalam perancangan ini dibagi menjadi 4, yaitu kualitas baik sekali, baik(normal), cukup dan buruk. Dimana penentuan parameter tersebut mengacu pada parameter kualitas pH yang terdapat dalam tinjauan pustaka.
- 3) Pada pengukuran kadar lemak alat ini mampu mengukur kadar lemak antara 0,1 - 5,5 %. Parameter kualitas kadar lemak yoghurt dalam perancangan ini dibagi menjadi 4, yaitu *Pass Flavour*, *Full Flavour*, *Less Flavour*, dan *Poor Flavour*. Dimana penentuan parameter tersebut mengacu pada parameter kualitas yang terdapat dalam tinjauan pustaka.
- 4) Indikator LED digunakan untuk memperjelas parameter kualitas yoghurt yang sebelumnya telah ditampilkan di dalam LCD.

6.2 Saran

Meskipun alat ini sudah dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, namun ada beberapa hal yang dapat dikembangkan dari alat ini di masa yang akan datang, antara lain :

- 1) Alat ini sangat dimungkinkan untuk dikembangkan menjadi alat dengan skala pengukuran yang lebih besar mengingat alat ini hanya digunakan dalam skala pengukuran yang kecil (perorangan atau pihak tertentu). Karena pada dasarnya banyak jenis makanan yang diproduksi berbahan dasar yoghurt.

- 2) Alat ini perlu dikembangkan untuk mendeteksi parameter yoghurt yang lain, mengingat banyaknya parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas yoghurt. Karena alat ini hanya dapat mendeteksi dua parameter kualitas yoghurt yaitu keasaman dan kadar lemak.



DAFTAR PUSTAKA

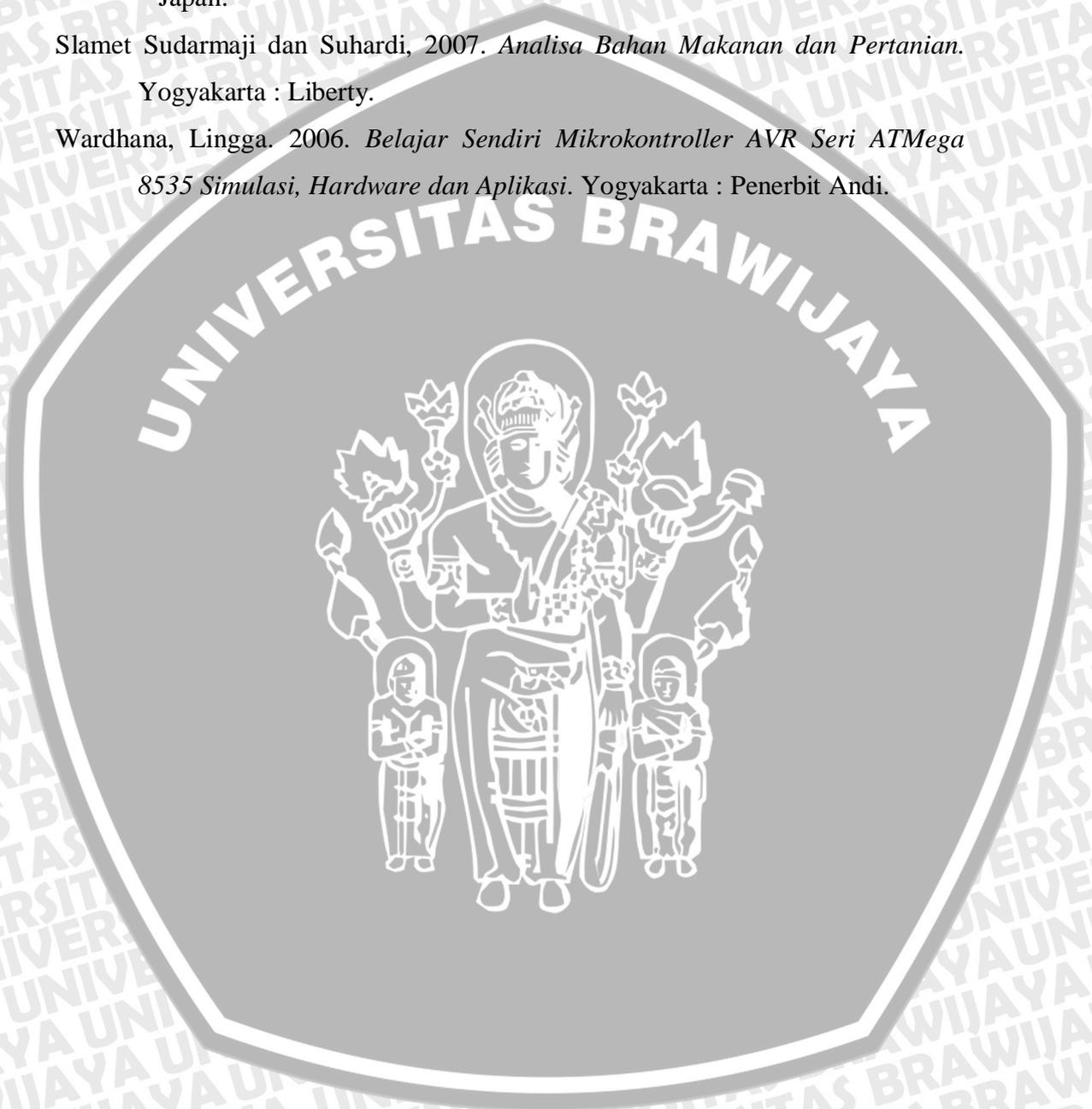
- Adnan, M. 1984. *Kimia dan Teknologi Pengolahan Air Susu*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada.
- Anonymous, 1990. *Standart Industri Indonesia*. Departemen Perindustrian Republik Indonesia. Jakarta.
- Anonymous, 2001^a. *Yoghurt and other fermented milk product*. Foodsci. <http://www.foddsoci.uoguelph.ca/dairyedu/yoghurt.htm> Diakses tanggal: 14 Juni 2008.
- Anonymous, 2007. Yoghurt. <http://www.info-sehat.com/news.php?nid=257> Diakses tanggal: 14 Juni 2008.
- Apandi, M. 1993. *Teknologi Susu*. Universitas Bandung Raya, Bandung.
- Aswan H, 1991. *Karakteristik Op-Amp*. www.electronyclab.com. Diakses tanggal 20 Desember 2008.
- Atmel. 2007. *ATMEGA8535/ATMEGA8535L, 8-bit AVR Microcontroller with 8 Kbytes in System Programable Flash*.
- Bejo, Agus. 2007. *C & AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta : Penerbit Graha Ilmu.
- Bylund, G. 1995. *Diary Processing*. Tetra Pak, Swedia.
- Coughlin, Robert F., dan Frederick F. Discroll. 1985. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- deMan, J. M. 1997. *Kimia Makanan. Edisi Kedua*. Bandung : Penerbit Institut Teknologi Bandung.
- Idris, S, Purwadi dan mustakim, 1995. *Pengantar Prektikum Pengolahan Susu*. Malang : Fapet. Universitas Brawijaya Malang.
- Kirk, S. Ronald. dan R. Sawyer. 1991. *Compotition and Analysis of Food*.
- Malvino, Albert. Paul, 1987. *Prinsip-prinsip dan Penerapan Digital*, Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- Malvino, Albert. Paul, 1991. *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.

National Semiconductor, 1991. *Operational Amplifier*. National Semiconductor Corporation. www.datasheetcatalog.com. Diakses tanggal 28 Desember 2008.

Seiko Instrumens, 1987. *Liquid Crystal Display Module M1632 User Manual*. Japan.

Slamet Sudarmaji dan Suhardi, 2007. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberty.

Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroller AVR Seri ATMega 8535 Simulasi, Hardware dan Aplikasi*. Yogyakarta : Penerbit Andi.



LAMPIRAN

