

# ALAT PENGUKUR KADAR AIR BIJI KOPI

## SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik*



Disusun oleh :

**BURHANUDIN**  
**NIM. 0210630030**

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

# ALAT PENGUKUR KADAR AIR BIJI KOPI

## SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

**BURHANUDIN**  
**NIM. 0210630030**

**DOSEN PEMBIMBING :**

**Ir. Ponco Siwindarto, MS**  
**NIP. 131 837 966**

**Ir. Bambang Siswojo**  
**NIP. 131 759 588**

# ALAT PENGUKUR KADAR AIR BIJI KOPI

Disusun oleh :

**BURHANUDIN**  
**NIM. 0210630030**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 14 Juni 2007

## DOSEN PENGUJI

R. Arief Setyawan ST.,MT.  
NIP. 132 231 713

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

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

Waru Djurianto, ST., MT.  
NIP. 132 283 659

Mengetahui  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

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

## PENGANTAR

Segala pujian hanya milik Allah, Rabb semesta alam, saya memuji-Nya, mohon pertolongan kepada-Nya dan mohon ampun kepada-Nya. Saya bersaksi tiada Illah yang berhak diibadahi kecuali hanya Allah semata, tidak ada sekutu bagi-Nya dan saya bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba dan utusan-Nya. Hanya karena pertolongan Allah semata penulis mampu melewati segala kendala yang ada selama penyusunan skripsi ini sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga beliau, para sahabat dan pengikut beliau sampai hari kiamat nanti.

Skripsi berjudul “Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan kesungguhan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- ◆ Bapak dan Ibuku yang aku cintai karena-Nya, *jazakumullah khairan katsir*. Semoga Allah SWT membalas kasih sayang dan kebaikan kalian selama ini dengan kebaikan yang jauh lebih banyak,
- ◆ Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro dan Rudy Yuwono, ST., MSc selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro,
- ◆ Ir. Ponco Siwindarto, MS selaku KKDK Elektronika Jurusan Teknik Elektro sekaligus sebagai pembimbing serta Ir. Bambang Siswojo selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ide, bimbingan, motivasi dan pengarahan serta saran dalam penyusunan skripsi ini,
- ◆ Bapak, Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro yang telah banyak membantu dan memberikan ilmunya dengan ikhlas, Semoga Allah membalas dengan sesuatu yang lebih baik.
- ◆ Kakak-kakaku, Mbak Tien, Mbak Tutik, Mas Heri dan Mas Edy yang sangat menyayangiku dan semua keluargaku, *jazakumullah khairan katsir* atas dukungannya selama ini,



- ◆ Dr. Sri Mulato dan Kakakku yang di jember (semoga  $S_2$  nya cepat selesai) yang telah memberikan izin untuk melakukan kaliberasi di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- ◆ *Digital System Laboratory Crews* angkatan 2000-2004 (terutama angkatan 2002) dan Mas Dul selaku laboran, terima kasih atas dukungan dan kesabarannya. Saya mendapatkan begitu banyak ilmu dan pengalaman berharga di Lab. ini,
- ◆ *Ustadzuna* di Malang dan Solo serta *ustadz-ustadz salafiyiin*. Engkau bagaikan rembulan ditengah kegelapan yang telah memberikan hidayah kepadaku. Wahai *Rabbku*, Engkaulah yang membolak-balikkan hati manusia, tetapkanlah hati hamba-Mu ini di atas agama-Mu, Amien.
- ◆ Teman - teman FORSITEK tahun 2000-2005, saya mohon maaf dan mohon ampun kepada Allah atas segala kesalahan selama menjadi pengurus. Semoga Allah mengumpulkan kita kembali di surga-Nya sebagaimana Allah telah mengumpulkan kita di dunia ini sebagai saudara sesama muslim. Semoga FORSITEK kedepan menjadi lebih baik dan tetap *istiqomah* diatas *manhaj salafus sholeh*.
- ◆ Teman - teman Robot 2006, terima kasih telah menerima saya sebagai salah satu anggota tim robot. Semoga Tim Robot TEUB (KRI dan KRCI) kedepan menjadi lebih baik dan menjadi yang terbaik.
- ◆ Teman-teman elektro angkatan 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 dan teman-temanku yang lain yang tidak mungkin untuk saya tulis semua namanya, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Penulis sangat berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, terutama bagi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, PTPN XII, Jember.

Malang, Mei 2007

Penulis

**DAFTAR ISI**

<b>PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Kadar Air Pada Biji-Bijian .....	6
2.2 Pengukuran Kadar Air Biji Kopi .....	6
2.3 Spektrofotometri .....	9
2.4 Instrumen Spektrofotometri.....	10
2.5 Near Infrared.....	11
2.6 Pemantulan, Pentransmision dan Penyerapan Cahaya.....	13
2.7 Hukum Lambert-Beer .....	15
2.8 Spektrofotometri Near Infrared Reflectance .....	17
2.9 Relective Object Sensor QRD1313 .....	19
2.10 Penguat Diferensial.....	20
2.11 Mikrokontroler ATmega8L .....	21
2.11.1 Arsitektur AVR.....	22
2.11.2 Periperal.....	24
2.11.2.1 ADC.....	24
2.11.2.2 EEPROM .....	26
2.12 Modul LCD M1632 .....	28
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>29</b>
3.1 Studi Literatur .....	29
3.2 Perancangan Alat.....	30
3.3 Pengujian Alat .....	30



3.4	Perealisasi Alat.....	31
3.5	Pengambilan Kesimpulan dan Saran .....	31
<b>BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT.....</b>		<b>33</b>
4.1	Spesifikasi Alat.....	33
4.2	Gambaran Umum.....	34
4.3	Perancangan Perangkat Keras.....	35
4.3.1	Perancangan Sensor Kadar Air Biji Kopi dan Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan.....	35
4.3.2	Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	37
4.3.3	Perancangan Mikrokontroler ATmega8L.....	39
4.3.3.1	Perancangan Sistem Mikrokontroler ATmega8L.....	39
4.3.3.2	Perancangan Rangkaian Reset.....	40
4.3.3.3	Perancangan Analog to Digital Converter (ADC).....	42
4.3.4	Perancangan Rangkaian Antarmuka Modul LCD.....	43
4.3.5	Perancangan Rangkaian Indikator Baterai.....	44
4.4	Perancangan Perangkat Lunak.....	45
4.4.1	Perangkat Lunak Program Utama.....	46
4.4.2	Perangkat Lunak Indikator Baterai.....	48
4.4.3	Perangkat Lunak Mengakses EEPROM.....	50
4.4.4	Perangkat Lunak Subrutin Sampling Tegangan Sensor.....	54
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM.....</b>		<b>56</b>
5.1	Pengujian Rangkaian Sensor Dan Pengubah Arus Ke Tegangan.....	56
5.1.1	Tujuan.....	56
5.1.2	Prosedur Pengujian.....	56
5.1.3	Hasil Pengujian.....	57
5.1.4	Analisis Data dan Kesimpulan.....	58
5.2	Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	58
5.2.1	Tujuan.....	58
5.2.2	Prosedur Pengujian.....	59
5.2.3	Hasil Pengujian.....	59
5.2.4	Analisis Data dan Kesimpulan.....	60
5.3	Pengujian ADC Pada AVR ATmega8L.....	60
5.3.1	Tujuan.....	60
5.3.2	Prosedur Pengujian.....	61
5.3.3	Hasil Pengujian.....	61

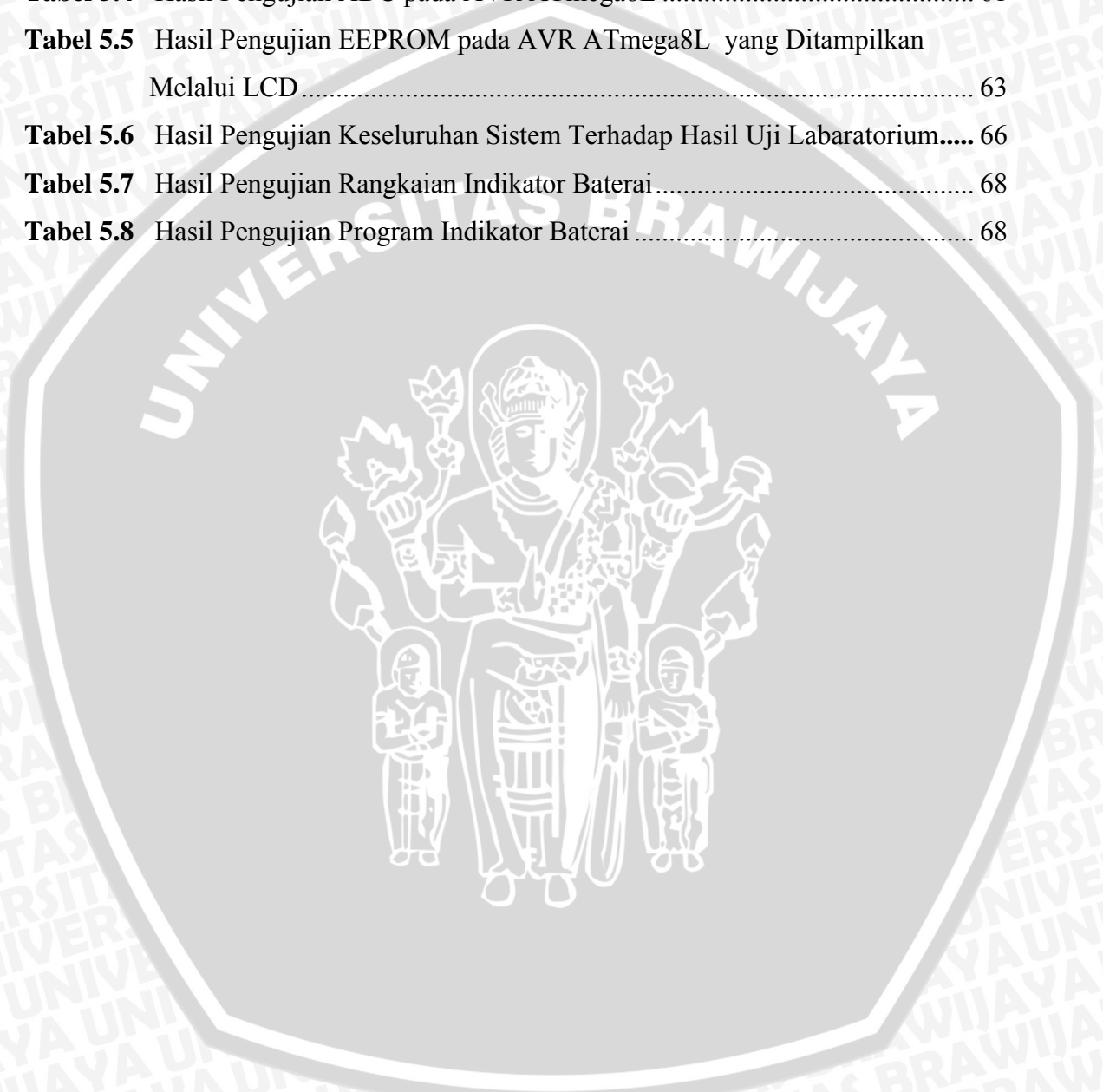
5.3.4	Analisis Data dan Kesimpulan.....	61
5.4	Pengujian EEPROM Pada ATmega8L.....	62
5.4.1	Tujuan.....	62
5.4.2	Prosedur Pengujian.....	62
5.4.3	Hasil Pengujian.....	62
5.4.4	Analisis Data dan Kesimpulan.....	63
5.5	Pengujian Rangkaian Antarmuka Modul LCD.....	63
5.5.1	Tujuan.....	63
5.5.2	Prosedur Pengujian.....	63
5.5.3	Hasil Pengujian.....	64
5.5.4	Analisis Data dan Kesimpulan.....	64
5.6	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	64
5.6.1	Tujuan.....	64
5.6.2	Prosedur Pengujian.....	64
5.6.3	Hasil Pengujian.....	65
5.6.4	Analisis Data dan Kesimpulan.....	66
5.7	Pengujian Indikator Baterai.....	67
5.7.1	Tujuan.....	67
5.7.2	Prosedur Pengujian.....	67
5.7.3	Hasil Pengujian.....	67
5.7.4	Analisis Data dan Kesimpulan.....	68
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>70</b>
6.1	Kesimpulan.....	70
6.2	Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>72</b>





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 5.1</b>	Hasil Pengujian Respon Sensor dengan Sampel Biji Kopi.....	57
<b>Tabel 5.2</b>	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Buffer</i> .....	59
<b>Tabel 5.3</b>	Hasil Pengujian Rangkaian Penguat Diferensial .....	60
<b>Tabel 5.4</b>	Hasil Pengujian ADC pada AVR ATmega8L .....	61
<b>Tabel 5.5</b>	Hasil Pengujian EEPROM pada AVR ATmega8L yang Ditampilkan Melalui LCD .....	63
<b>Tabel 5.6</b>	Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Terhadap Hasil Uji Laboratorium.....	66
<b>Tabel 5.7</b>	Hasil Pengujian Rangkaian Indikator Baterai.....	68
<b>Tabel 5.8</b>	Hasil Pengujian Program Indikator Baterai .....	68



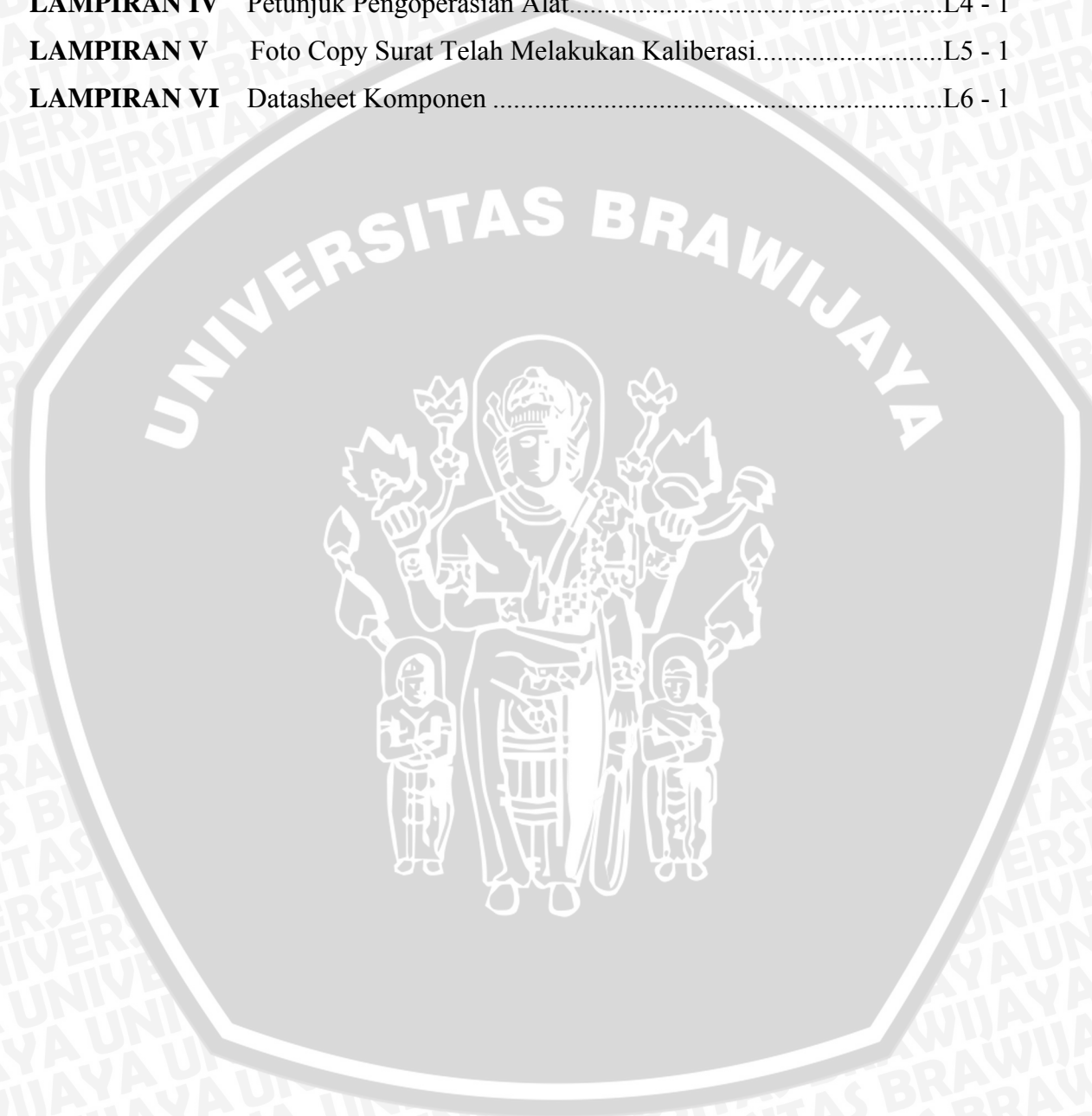
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Gambar Pengukuran Kadar Air dengan Metode Oven .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Diagram Alir Pengukuran Kadar Air dengan Metode Oven.....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Diagram Alir Pengukuran Kadar Air Biji Kopi dengan Metode Near Infrared Reflectance .....	9
<b>Gambar 2.4</b>	Range Panjang Gelombang Ultraviolet, Cahaya Tampak dan Infrared .	10
<b>Gambar 2.5</b>	Instrumentasi Spektrofotometri Secara Umum .....	10
<b>Gambar 2.6</b>	Pengaruh Pentransmisian Cahaya Infrared Pada Panjang Gelombang yang Spesifik Terhadap Suatu Senyawa yang Dilaluinya.....	12
<b>Gambar 2.7</b>	Pemantulan Cahaya karena Perbedaan Indeks Bias Medium yang Dilalui Cahaya.....	13
<b>Gambar 2.8</b>	Intensitas Cahaya dalam Medium .....	14
<b>Gambar 2.9</b>	Korelasi Antara Intensitas Cahaya yang Dipantulkan dengan Intensitas Cahaya Datang ( $I/I_0$ ) terhadap Indeks Bias ( $n_2$ ) .....	15
<b>Gambar 2.10</b>	Absorpsi Cahaya oleh Suatu Bahan .....	15
<b>Gambar 2.11</b>	Korelasi Absorpsi Cahaya dengan Konsentrasi Bahan yang dilalui Cahaya.....	16
<b>Gambar 2.12</b>	Proses (a) specular reflectance (b) diffuse reflectance dan (c) absorption.....	17
<b>Gambar 2.13</b>	Proses specular reflectance dan diffuse reflectance .....	18
<b>Gambar 2.14</b>	Hubungan antara Pemantulan dan Konsentrasi Kadar Air Biji Kopi.....	19
<b>Gambar 2.15</b>	Simbol <i>Relective Object Sensor</i> QRD1313.....	19
<b>Gambar 2.16</b>	Rangkaian Penguat Diferensial .....	21
<b>Gambar 2.17</b>	Arsitektur AVR .....	22
<b>Gambar 2.18</b>	Peta Memori AVR.....	23
<b>Gambar 2.19</b>	Blok Diagram ADC.....	24
<b>Gambar 2.20</b>	EEPROM Address Register .....	26
<b>Gambar 2.21</b>	EEPROM Data Register .....	26
<b>Gambar 2.22</b>	EEPROM Control Register .....	27
<b>Gambar 2.23</b>	Pengkabelan antara LCD $2 \times 16$ dengan Mikrokontroler .....	28
<b>Gambar 4.1</b>	Blok Diagram Sistem .....	34
<b>Gambar 4.2</b>	Rangkaian Pemancar Cahaya Near Infrared .....	36
<b>Gambar 4.3</b>	Rangkaian Detektor Cahaya dan Pengubah Arus ke Tegangan.....	37

<b>Gambar 4.4</b>	Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	38
<b>Gambar 4.5</b>	Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega8L.....	39
<b>Gambar 4.6</b>	Timing Diagram Sinyal Reset.....	40
<b>Gambar 4.7</b>	Rangkaian Antarmuka Modul LCD 2×16 .....	44
<b>Gambar 4.8</b>	Rangkaian Indikator Baterai.....	45
<b>Gambar 4.9</b>	Flowchart Program Utama .....	48
<b>Gambar 4.10</b>	Flowchat Subrutin Persen Indikator Baterai .....	49
<b>Gambar 4.11</b>	Flowchat Perangkat Lunak Indikator Baterai.....	50
<b>Gambar 4.12</b>	Flowchat Subrutin Menyimpan Nilai Kadar Air.....	52
<b>Gambar 4.13</b>	Flowchat Subrutin Melihat Nilai Kadar Air.....	53
<b>Gambar 4.14</b>	Flowchat Subrutin Menghapus Nilai Kadar Air.....	54
<b>Gambar 4.15</b>	Flowchat Subrutin Sampling Tegangan Sensor .....	55
<b>Gambar 5.1</b>	Blok Diagram Pengujian Sensor dan Pengubah Arus ke Tegangan .....	57
<b>Gambar 5.2</b>	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	59
<b>Gambar 5.3</b>	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal .....	61
<b>Gambar 5.4</b>	Blok Diagram Pengujian EEPROM ATmega8L yang Dtampilkan Melalui LCD .....	62
<b>Gambar 5.5</b>	Blok Diagram Pengujian EEPROM ATmega8L yang Dtampilkan Melalui PonyProg2000.....	62
<b>Gambar 5.6</b>	Hasil Pengujian EEPROM pada AVR ATmega8L yang Ditampilkan Melalui PonyProg2000.....	63
<b>Gambar 5.7</b>	Blok Diagram Pengujian LCD 2×16 .....	64
<b>Gambar 5.8</b>	Hasil Pengujian Rangkaian Antarmuka Modul LCD.....	64
<b>Gambar 5.9</b>	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Indikator Baterai.....	67

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN I</b>	Skema Rangkaian.....	L1 - 1
<b>LAMPIRAN II</b>	Listing Program.....	L2 - 1
<b>LAMPIRAN III</b>	Foto Alat.....	L3 - 1
<b>LAMPIRAN IV</b>	Petunjuk Pengoperasian Alat.....	L4 - 1
<b>LAMPIRAN V</b>	Foto Copy Surat Telah Melakukan Kaliberasi.....	L5 - 1
<b>LAMPIRAN VI</b>	Datasheet Komponen .....	L6 - 1



## ABSTRAK

Burhanudin, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Mei 2007, *Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi*. Dosen Pembimbing : Ir. Ponco Siwindarto, MS dan Ir. Bambang Siswojo.

---

Pengukuran kadar air biji-bijian perlu dilakukan selama proses pengeringan agar diperoleh mutu hasil yang baik dan biaya pengeringan yang murah, termasuk didalamnya biji kopi. Akhir dari hasil pengeringan harus ditentukan secara akurat sebab pengeringan yang berlebihan (menghasilkan kadar air yang rendah) merupakan pemborosan bahan bakar dan kerugian karena terjadinya kehilangan berat. Sebaliknya jika kadar air masih terlalu tinggi (belum mencapai titik keseimbangan) maka biji kopi rentan terhadap serangan jamur saat disimpan atau diangkut ke tempat tujuan sehingga dapat menurunkan kualitas maupun kerusakan yang fatal pada biji.

Alat ukur ini memanfaatkan metode *near infrared reflectance* sehingga diharapkan mampu mengatasi kelemahan dari alat ukur yang memanfaatkan metode kapasitansi dan resistansi, yaitu pengambilan volume sampel biji yang akan diukur harus sama dengan volume sampel biji pada saat pengkalibrasian awal. Dua jenis *power supply*, yaitu jala-jala PLN dan baterai *rechargeable* serta kemampuan dalam menyimpan nilai kadar air pada EEPROM akan menambah kenyamanan dari alat ini.

Alat yang telah dibuat masih memiliki tingkat akurasi rata-rata dan presisi rata-rata yang rendah, yaitu masing-masing sebesar 3,528 % dan 3,077 %. Hal ini terutama dikarenakan adanya perubahan bidang pantul dan perubahan rongga antar biji sehingga intensitas cahaya yang dipantulkan oleh sampel biji kopi yang mengenai *field of view* dari detektor cahaya mengalami perubahan.

**Kata Kunci:** Pengukuran kadar air biji kopi, *near infrared reflectance* , intensitas cahaya



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi elektronika dan instrumentasi membutuhkan implementasi dalam kehidupan manusia modern. Pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam kehidupan masyarakat adalah untuk memecahkan berbagai permasalahan terutama yang berkaitan dengan pemenuhan kebutuhan hidup secara cepat, tepat, efisien dan aman. Bidang pertanian merupakan bidang yang banyak berhubungan dengan pengukuran fisis sehingga teknologi elektronika dan instrumentasi dapat berperan besar dalam memenuhi kebutuhan instrumen ukur yang berkemampuan tinggi.

Kadar air biji-bijian biasanya dinyatakan dalam persen yaitu suatu istilah yang dipakai untuk mengevaluasi jumlah air yang terkandung dalam padatan, butiran dan serat serta bahan cair lainnya. Pengukuran kadar air biji-bijian diperlukan dalam berbagai proses, diantaranya dalam proses jual beli maupun proses penyimpanan (Anonymous, 2003). Semakin tinggi kadar air suatu biji maka nilai jual dari biji itu akan semakin rendah, hal ini dikarenakan berat *netto* dari biji juga semakin kecil. Pengukuran kadar air biji-bijian perlu dilakukan selama proses pengeringan agar diperoleh mutu hasil yang baik dan biaya pengeringan yang murah, termasuk didalamnya biji kopi. Akhir dari hasil pengeringan harus ditentukan secara akurat sebab pengeringan yang berlebihan (menghasilkan kadar air yang rendah) merupakan pemborosan bahan bakar dan kerugian karena terjadinya kehilangan berat. Sebaliknya jika kadar air masih terlalu tinggi (belum mencapai titik keseimbangan) maka biji kopi rentan terhadap serangan jamur saat disimpan atau diangkut ke tempat tujuan sehingga dapat menurunkan kualitas maupun kerusakan yang fatal pada biji kopi (Misnawi, Mulato S., Sahali, Suharyanto E., Widoyotomo S., 2004 ).

Pengukuran kadar air pada biji-bijian dapat dilakukan secara langsung atau secara tidak langsung. Pengukuran secara langsung diantaranya dengan menggunakan metode oven dengan cara menghitung selisih berat basah dikurangi berat kering dibagi berat basah dikalikan 100% (Anonymous, 2002). Cara ini membutuhkan peranan manusia yang sangat dominan serta alat yang memadai dan waktu yang cukup lama ( $\pm 2 \times 24$  jam). Pengukuran secara tidak langsung diantaranya dengan memanfaatkan prinsip resistansi dan kapasistansi.

Perencanaan tugas akhir ini merupakan pengembangan dari alat sejenis yang disusun oleh:

Sukiman pada tahun 2000 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Menggunakan prinsip kapasitansi dengan menggunakan kapasitor berbentuk keping sejajar yang di rangkai menjadi suatu rangkaian jembatan *wheatstone*.
2. Digunakan untuk mengukur kadar air dalam padi/gabah.
3. Menggunakan Mikrokontroler 8031, PPI 8255.
4. Range pengukuran 12% - 25% yang ditampilkan lewat *seven segment*.

Dapat menampilkan nilai rata-rata dari beberapa kali pengukuran (maksimal 10 kali pengukuran). pada tahun 2004 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

5. Menggunakan prinsip resistansi yang dirangkai
  1. I Gede Budiarta menjadi suatu rangkaian jembatan *wheatstone*.
  2. Digunakan untuk mengukur kadar air empon-empon, yaitu: temu lawak, kunyit, jahe dan lengkuas.
  3. Menggunakan mikrokontroler AT89C51.
  4. Range pengukuran 0% - 100% yang ditampilkan oleh LCD 2×16 .

Halit Mawardi pada tahun 2006 yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Menggunakan prinsip kapasitansi dengan menggunakan kapasitor berbentuk silinder yang dirangkai dengan IC NE555.
2. Digunakan untuk mengukur kadar air dalam jagung, kedelai dan padi.
3. Menggunakan Mikrokontroler AT89S51.
4. Range pengukuran 7% - 20% yang ditampilkan oleh LCD 2×16 .

Sedangkan alat yang direncanakan dalam tugas akhir ini memiliki perbedaan sekaligus pengembangan. Dimana spesifikasi yang dikembangkan antara lain:

1. Menggunakan metode *near infrared reflectance* .
2. Digunakan untuk mengukur kadar air biji kopi.
3. Menggunakan Mikrokontroler ATmega8L.
4. Menggunakan *power supply* berupa baterai *rechargeable* dan atau jala-jala PLN.
5. Range pengukuran 8% - 16%, dengan tampilan visual berupa LCD 2×16 .
6. Dilengkapi indikator baterai dan penyimpanan nilai kadar air pada EEPROM ATmega8L.

Kelemahan dari alat ukur yang menggunakan prinsip resistansi dan kapasitansi antara lain:

- Pengambilan volume sampel biji yang akan diukur harus sama dengan volume sampel biji pada saat pengkaliberasian awal.
- Perlunya membuat lubang sensor yang memiliki nilai resistansi dan kapasitansi yang sama bila akan menggunakan alat tersebut.
- Adanya mikroba seperti jamur akan berpengaruh pada tingkat akurasi alat.

Melihat permasalahan tersebut maka dalam tugas akhir ini akan dirancang dan dibuat suatu alat yang dapat memperbaiki kelemahan-kelemahan diatas. Alat ini Insya Allah akan dapat mengukur dan menyimpan nilai kadar air biji kopi. Penyimpanan nilai kadar air akan memanfaatkan EEPROM yang ada pada ATmega8L. Untuk menambah kenyamanan pengguna maka alat ini akan menggunakan baterai *rechargeable* yang dilengkapi rangkaian *recharger* baterai serta indikator baterai.

Dengan adanya alat ini diharapkan dapat menambah manfaat bagi dunia pertanian, khususnya bagi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (PTPN XII). Dengan alat ini maka para peneliti maupun para petani kopi dapat melakukan pengukuran kadar air biji kopi dengan lebih akurat dan mudah, Insya Allah.

## 1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang ada, maka rumusan masalah ini ditekankan pada:

1. Bagaimana memanfaatkan metode *near infrared reflectance* (NIR) sebagai metode pengukuran kadar air biji kopi secara tidak langsung ?
2. Bagaimana cara membuat alat yang dapat mengukur kadar air biji kopi dengan memanfaatkan *reflective object sensor* yang terdiri dari infrared dan phototransistor serta menyimpan nilainya pada EEPROM ?
3. Bagaimana merancang dan membuat antarmuka rangkaian dengan Mikrokontroler?
4. Bagaimana merancang rangkaian yang dapat digunakan sebagai indikator kondisi baterai ?
5. Bagaimana cara membuat *software* yang akan dipakai untuk mengoperasikan alat tersebut dengan menggunakan mikrokontroler ATmega8L ?



### 1.3 Batasan Masalah

Dalam perencanaan dan pembuatan skripsi ini perlu dilakukan pembatasan masalah. Pembatasan masalah yang diajukan dalam skripsi ini antara lain:

1. Tidak membahas *power supply* dan rangkaian *recharger* baterai.
2. Tidak membahas pengukuran kadar air biji kopi secara langsung.
3. Tidak membahas varietas biji kopi.
4. Parameter keberhasilan alat adalah sesuai dengan spesifikasi alat yang diinginkan.
5. Nilai kadar air biji kopi yang di simpan dalam EEPROM maksimal 20 nilai kadar air.
6. Biji kopi yang dimaksud adalah varietas *robusta (coffea canephora)*.

### 1.4 Tujuan

Tujuan penyusunan skripsi ini adalah terealisasinya sebuah alat yang dapat mengukur kadar air biji kopi dengan memanfaatkan metode *near infrared reflectance* (NIR).

### 1.5 Sistematika Penulisan

Pembahasan laporan pada skripsi ini disusun berdasarkan sistematika sebagai berikut:

#### **BAB I      Pendahuluan**

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika pembahasan.

#### **BAB II     Tinjauan Pustaka**

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

#### **BAB III    Metodologi**

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian.

#### **BAB IV    Perencanaan dan Pembuatan Alat**

Berisi tentang perencanaan dan perealisasiian alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan realisasi alat.

#### **BAB V     Pengujian Alat**

Berisi tentang hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan.

## **BAB VI Kesimpulan dan Saran**

Berisi tentang kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari alat yang telah dibuat.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kadar Air Pada Biji-Bijian

Kadar air biji adalah jumlah air bebas yang terkandung didalam biji yang dapat dipisahkan secara fisis seperti penguapan dan destilasi. Biji-bijian sebagai salah satu bahan makanan, sebagian besar tersusun atas molekul-molekul air. Air yang tersimpan pada biji terdiri atas beberapa bentuk, antara lain:

1. Air yang terikat secara kuat, misalnya yang berbentuk hidrat. Ikatannya bersifat ionik sehingga sulit dihilangkan atau diuapkan dan juga tidak mudah membeku meskipun pada suhu 0°C.
2. Air yang terikat secara lemah akibat terserap oleh permukaan koloid makromolekuler, misalnya air yang terikat oleh protein dan selulosa.
3. Air yang terdapat pada ruang-ruang antar sel dan pada pori-pori yang terdapat dalam bahan.

Air dalam bentuk bebas yang terkandung dalam biji-bijian dapat membantu mempercepat terjadinya proses mikrobiologis, kimiawi dan enzimatis sehingga bisa mengakibatkan kerusakan dengan cepat. Sedangkan air dalam bentuk terikat tidak membantu mempercepat proses kerusakan apabila berada pada kondisi yang sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Oleh karena itu kadar air dalam biji-bijian sangat penting untuk diketahui. Kadar air pada biji-bijian berkaitan dengan:

- Kualitas dan mutu benih
- Daya simpan
- Daya kecambah benih
- Daya tahan terhadap serangan hama dan penyakit
- Harga jual

Benih yang disimpan dengan kadar air tinggi menyebabkan viabilitasnya akan cepat sekali mengalami kemunduran. Pengeringan merupakan cara untuk menurunkan kadar air benih sehingga aman untuk disimpan.

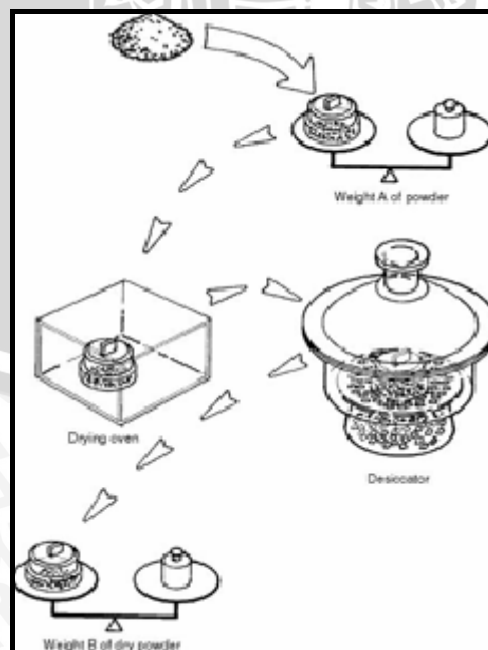
#### 2.2 Pengukuran Kadar Air Biji Kopi

Pengukuran kadar air biji kopi merupakan salah satu tolok ukur proses pengeringan agar diperoleh mutu hasil yang baik dan biaya pengeringan yang murah. Akhir dari proses pengeringan harus ditentukan secara akurat. Pengeringan yang

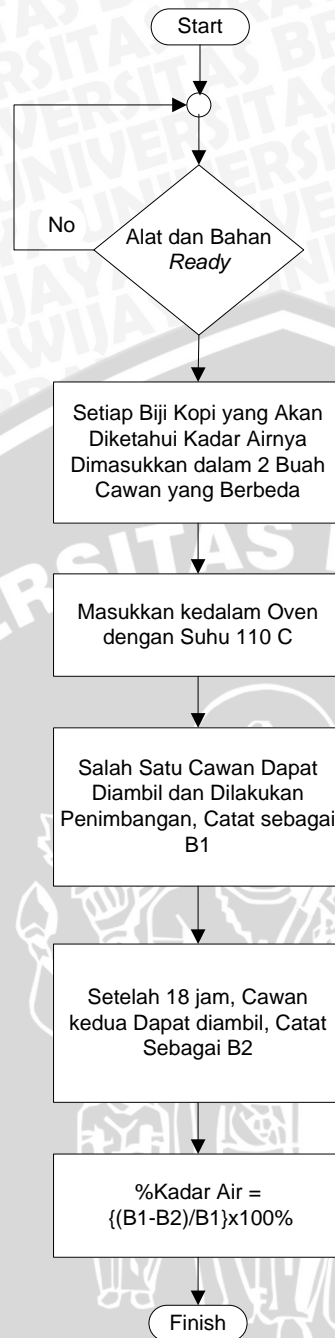
berlebihan (menghasilkan biji kopi dengan kadar air jauh dibawah 12%) merupakan pemborosan bahan bakar dan merugikan karena terjadinya kehilangan berat. Sebaliknya jika terlalu singkat, maka kadar air biji kopi belum mencapai titik kesetimbangan (12%) sehingga biji kopi menjadi rentan terhadap serangan jamur saat disimpan atau diangkut ke tempat konsumen. Oleh karena itu, selama proses pengeringan berjalan, selain melihat tampilan fisik biji kopi, kadar air biji kopi di lantai jemur atau di dalam bak pengering harus diukur kadar airnya (Mulato S., Widyotomo S., Suharyanto E., 2006 ).

Pengukuran kadar air dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu dengan cara pengukuran langsung dan pengukuran tidak langsung. Pengukuran secara langsung diantaranya dapat dilakukan dengan menggunakan metode oven, destilasi, radiasi gelombang mikro dan radiasi infrared. Pengukuran secara tidak langsung dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip resistansi, kapasitansi dan *near infrared reflectance*.

Alat yang akan dibuat merupakan bagian dari pengukuran kadar air secara tidak langsung dengan memanfaatkan metode *near infrared reflectance*. Keluaran dari alat nantinya akan dilakukan pengkalibrasian dengan menggunakan metode oven yang dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Prinsip pengukuran dengan menggunakan metode oven yaitu dengan cara menghitung selisih berat basah dikurangi berat kering dibagi berat basah dikalikan 100%. Gambar dan Diagram Alir pengukuran kadar air biji kopi dengan menggunakan metode oven seperti terlihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.

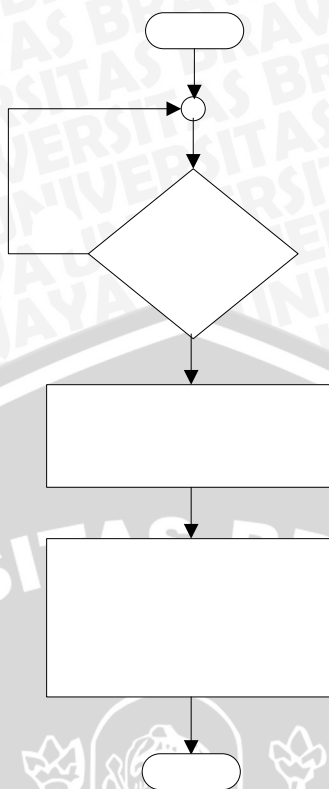


**Gambar 2.1.** Gambar Pengukuran Kadar Air dengan Metode Oven



**Gambar 2.2.** Diagram Alir Pengukuran Kadar Air dengan Metode Oven  
**Sumber :** Perancangan

Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi akan memanfaatkan metode *Near Infrared Reflectance* dengan panjang gelombang 880 nm, dimana pada panjang gelombang ini, intensitas cahaya yang diteruskan dan dipantulkan oleh suatu senyawa atau bahan tergantung oleh konsentrasi air yang ada didalamnya. Perbedaan intensitas cahaya yang dipantulkan akan dideteksi oleh sebuah detektor cahaya yang berupa phototransistor sehingga dapat dimanfaatkan untuk mengukur kadar air biji kopi. Diagram Alir dari Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi dalam penelitian ini seperti terlihat pada Gambar 2.3.



**Gambar 2.3.** Diagram Alir Pengukuran Kadar Air Biji Kopi dengan Metode Near Infrared Reflectance  
**Sumber :** Perancangan

### 2.3 Spektrofotometri

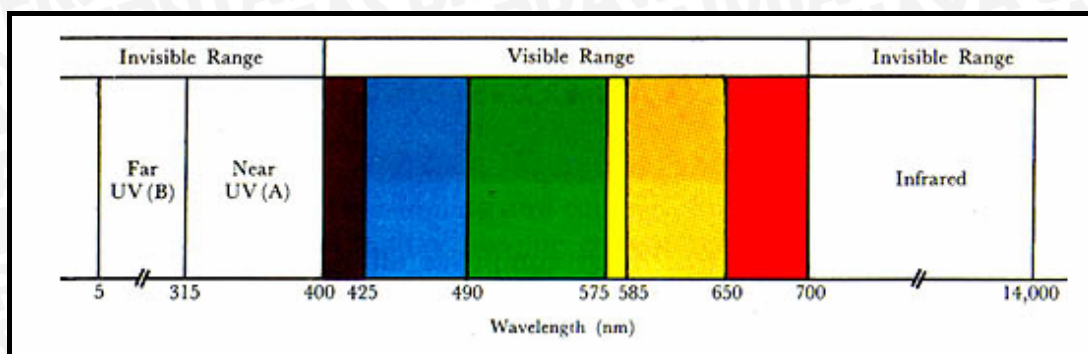
Instrumentasi fotometri adalah instrumentasi yang titik beratnya pada pengukuran besaran cahaya, sifat aneka ragam material dan obyek serta interaksi terhadap radiasi cahaya. Kuantitas dasar yang termasuk dalam instrumentasi fotometri meliputi fotometri penyerapan (absorpsi cahaya), pemantulan (refleksi cahaya), pembauran (emisi cahaya) dan penerusan (transmisi cahaya). Kuantitas tersebut untuk memberikan gambaran terhadap sifat-sifat zat atau materi yang diukur.

Interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan atom atau molekul yang berupa absorpsi menghasilkan spektrofotometri absorpsi yaitu spektrofotometri ultra violet (UV), spektrofotometri sinar tampak (VIS) dan spektrofotometri inframerah (IR). Spektrofotometri ultra violet dipakai untuk aplikasi kuantitatif menggunakan radiasi dengan panjang gelombang 5 - 400 nm, spektrofotometri sinar tampak menggunakan radiasi dengan panjang gelombang 400 - 700 nm, sedangkan spektrofotometri infrared dengan panjang gelombang 700 - 14.000 nm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Radiasi infrared adalah radiasi elektromagnetik dengan panjang gelombang yang lebih besar dari sinar tampak dan lebih pendek dari gelombang radio.

No

Mas

Be  
Cah  
(Me



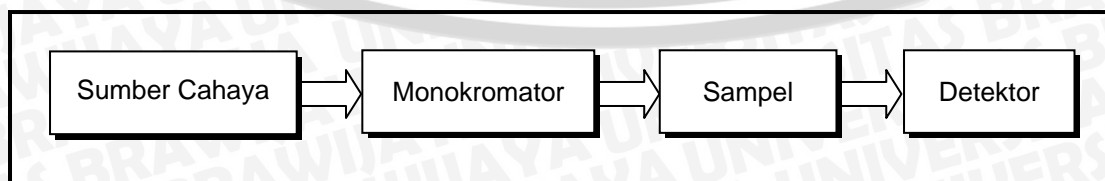
**Gambar 2.4.** Range Panjang Gelombang Ultraviolet, Cahaya Tampak dan Infrared  
**Sumber :** Annynomous, 2004

Spektrofotometri infrared dapat dibagi dalam 5 bagian, yaitu (Annonymous, 2006):

1. *Near Infrared NIR* (dengan panjang gelombang 750 – 1.400 nm) mempunyai sifat diserap oleh molekul air.
2. *Shot Wavelength IR SWIR* (dengan panjang gelombang 1.400 – 3.000 nm) mempunyai sifat diserap oleh molekul air terutama pada panjang gelombang 1450 nm .
3. *Mid Wavelength IR MWIR* (dengan panjang gelombang 3.000 – 8.000 nm).
4. *Long Wavelength IR LWIR* (dengan panjang gelombang 8.000 – 15.000 nm).
5. *Far Infrared FIR* (dengan panjang gelombang 15.000 nm – 1.000 μ m).

#### 2.4 Instrumen Spektrofotometri

Instrumen spektrofotometri merupakan instrumen yang bekerja pada pengukuran besaran cahaya dan sifat aneka ragam material ataupun obyek serta interaksi terhadap radiasi cahaya dan daerah cahaya tampak. Kuantitas dasar yang termasuk dalam spektrofotometri meliputi penyerapan (absorpsi cahaya), pemantulan (refleksi cahaya), pembauran (emisi cahaya) dan penerusan (transmisi cahaya). Kuantitas tersebut memberikan gambaran terhadap sifat-sifat zat yang diukur. Secara garis besar konfigurasi spektrofotometri ditunjukkan pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5.** Instrumentasi Spektrofotometri Secara Umum  
**Sumber :** Jake, 2002

### 1. Sumber Cahaya

Sumber cahaya memberikan radiasi dengan rentang panjang gelombang tertentu. Untuk cahaya daerah ultraviolet umumnya digunakan lampu hidrogen atau lampu deuterium, sedangkan untuk cahaya daerah sinar tidak tampak umumnya digunakan infrared.

### 2. Pemilih Panjang Gelombang atau *Monokromator*

Pemilih panjang gelombang adalah alat yang membatasi radiasi atau cahaya yang diukur menjadi pita sempit yang diserap atau dibaurkan oleh *analyte*. *Monokromator* berfungsi untuk mengubah radiasi polikromatis yang dipancarkan oleh sumber radiasi menjadi radiasi monokromatis. *Monokromator* ini umumnya terdiri dari celah masuk (*entrance slit*), filter optik, prisma (*prism*), kisi (*grating*) dan celah keluar (*exit slit*). Celah masuk berfungsi untuk masuknya cahaya yang berasal dari sumber radiasi. Filter optik berguna untuk meloloskan cahaya yang spesifik sesuai dengan filter optik yang dipakai. Prisma atau kisi berfungsi untuk mendispersikan radiasi agar didapatkan resolusi yang baik dari radiasi tersebut. Celah keluar berfungsi untuk keluarnya cahaya dari *monokromator* menuju tempat cuplikan.

### 3. Sampel

Sampel merupakan suatu bahan yang menjadi objek dalam pengukuran.

### 4. Detektor Cahaya

Detektor cahaya berfungsi untuk mengubah sinyal radiasi yang diterima menjadi sinyal elektrik, yaitu dapat berupa sensor fotodiode atau fototransistor.

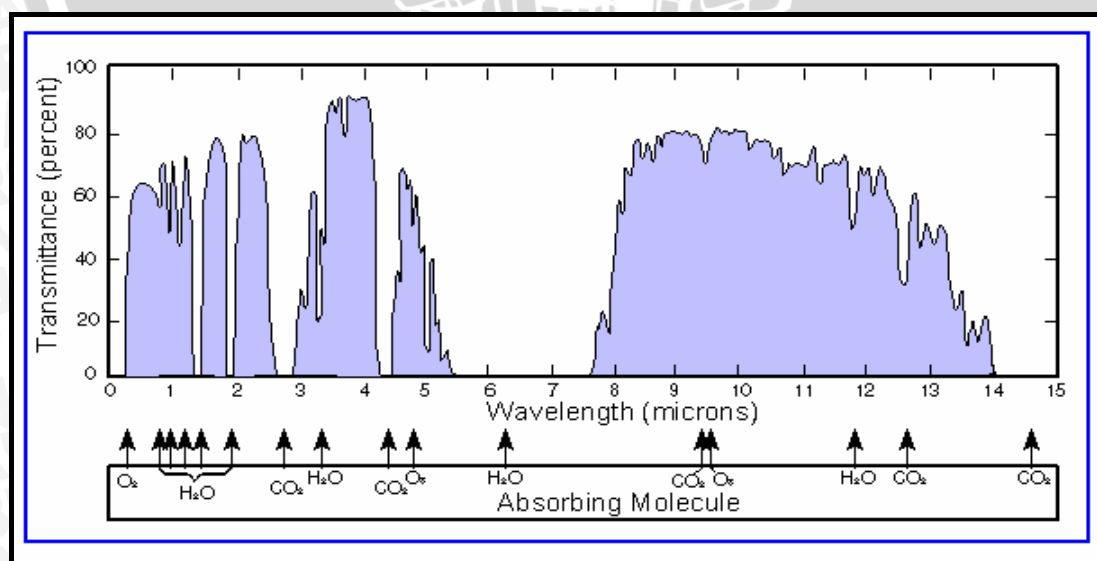
## 2.5 Near Infrared

*Near infrared* merupakan radiasi gelombang infrared dengan panjang gelombang 750 – 1.400 nm yang mempunyai sifat diserap oleh air. *Near Infrared Transmittance* (NIT) dan *Near Infrared Reflectance* (NIR) didasarkan pada suatu prinsip yang sama, dimana perbedaan komponen yang ada pada sampel biji seperti protein, zat tepung, kafein dan air akan menyerap energi yang dipancarkan oleh cahaya infrared dengan panjang gelombang tertentu. Alat yang menggunakan prinsip *Near Infrared Transmittance* akan mengukur penyerapan sebagai suatu perbedaan energi yang diteruskan oleh suatu sampel, sedangkan *Near Infrared Reflectance* akan mengukur penyerapan sebagai suatu perbedaan energi yang diteruskan ke dalam sampel dengan mengambil adanya perbedaan energi yang dipantulkan (*diffusely reflected*) oleh



sampel (Caddick, 2001). Sistem *Near Infrared Reflectance* pada awalnya menggunakan sebuah filamen sebagai sumber radiasi yang disertai dengan suatu filter untuk meloloskan dua atau tiga jenis panjang gelombang cahaya infrared yang spesifik. Air merupakan suatu senyawa yang menyerap cahaya *near infrared* dengan cukup kuat, dimana semakin tinggi kadar air yang terkandung di dalam biji maka semakin besar pula energi *near infrared* yang diserap oleh biji tersebut (Caddick, 2001).

Pengukuran kadar air dapat dilakukan dengan memanfaatkan cahaya infrared dengan panjang gelombang tertentu sehingga energi infrared hanya akan diserap oleh air dan tidak diserap oleh komponen – komponen lain dari biji seperti protein, karbohidrat, minyak biji, warna biji maupun jamur yang ada pada biji. Panjang gelombang infrared yang sesuai digunakan untuk mengukur kadar air ditunjukkan pada Gambar 2.6. Dalam perancangan nantinya Insya Allah akan memakai cahaya *near infrared* dengan panjang gelombang 880 nm. *Reflective Object Sensor QRD1313* terdiri dari sebuah sumber cahaya infrared dan sebuah phototransistor yang dirangkai menjadi rangkaian photodarlington yang akan bekerja secara optimal pada panjang gelombang 880 nm. Adanya perubahan intensitas cahaya yang dipantulkan oleh biji kopi karena adanya perbedaan kadar air pada biji kopi akan ditangkap oleh phototransistor dari QRD1313. Hal ini akan menyebabkan terjadinya perubahan arus yang melewati kaki kolektor maupun kaki emitor pada phototransistor tersebut. Gambar 2.6 juga menunjukkan bahwa energi infrared yang diteruskan dipengaruhi oleh suatu unsur atau senyawa yang menghalangi energi infrared tersebut pada panjang gelombang yang spesifik.



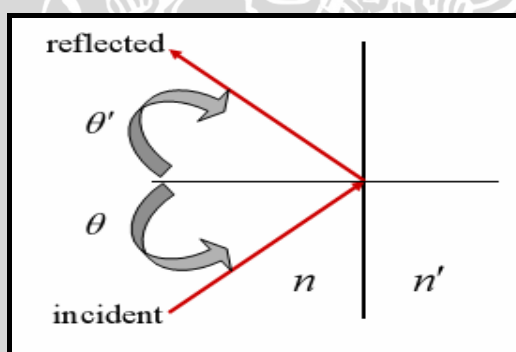
**Gambar 2.6.** Pengaruh Pentransmisian Cahaya Infrared Pada Panjang Gelombang yang Spesifik Terhadap Suatu Senyawa yang Dilaluinya.

Sumber : Anonymous, 2006

## 2.6 Pemantulan, Pentransmisi dan Penyerapan Cahaya

Ketika seberkas cahaya bergerak dari medium satu ke medium yang lain maka cahaya tersebut akan mengalami beberapa proses, antara lain pemantulan, pentransmisi, dan penyerapan cahaya. Ketika gelombang dari tipe apapun mengenai sebuah penghalang datar seperti sebuah cermin, gelombang-gelombang baru dibangkitkan dan bergerak menjauhi penghalang tersebut, fenomena ini disebut pemantulan (Tipler, 2001). Pemantulan terjadi pada bidang batas antara dua medium berbeda seperti antara permukaan udara dengan kaca, dalam hal ini sebagian energi datang dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan, dimana dalam proses pentransmisi ini ada sebagian energi yang diserap oleh medium.

Gambar 2.7 dibawah memperlihatkan sebuah sinar cahaya yang mengenai sebuah permukaan kaca yang halus. Sudut  $\theta$  merupakan sudut yang terbentuk antara sinar datang dengan garis normal dan disebut sebagai sudut datang. Sinar yang dipantulkan terletak di dalam bidang datang tersebut dan membentuk sudut  $\theta'$  dengan garis normal yang mana besarnya sama dengan sudut datang  $\theta$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Pemantulan Cahaya karena Perbedaan Indeks Bias Medium yang Dilalui Cahaya.  
Sumber : Tipler, 2001

$$\theta = \theta' \quad (2.1)$$

Persamaan 2.1 diatas dikenal dengan hukum pemantulan, dimana hukum ini berlaku umum untuk semua jenis gelombang.

Pecahan energi cahaya yang dipantulkan pada sebuah bidang batas seperti pada permukaan udara menuju kaca dipengaruhi oleh sudut datang, orientasi medan listrik yang berhubungan dengan gelombang dan laju cahaya relatif di dalam medium pertama (udara) dan didalam medium kedua (kaca). Laju cahaya didalam medium seperti kaca, air dan udara ditentukan oleh indeks bias  $n$ , yang didefinisikan sebagai perbandingan laju cahaya dalam ruang hampa  $c$  terhadap laju cahaya tersebut dalam medium  $v$ :

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.2)$$

Pada kasus khusus seperti terlihat pada Gambar 2.8, dimana sudut datang berimpit dengan garis normal ( $\theta = \theta' = 0^\circ$ ), perbandingan intensitas yang dipantulkan ( $I$ ) dengan intensitas cahaya datang ( $I_0$ ) adalah:

$$\frac{I}{I_0} = \left( \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \right)^2 \quad (2.3)$$

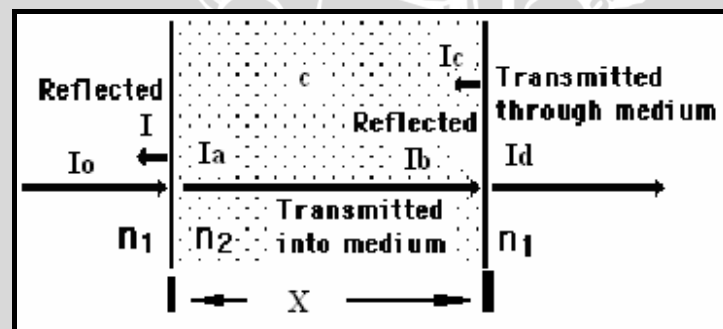
Sedangkan perbandingan intensitas energi yang ditransmisikan ( $I_a$ ) dengan intensitas energi datang ( $I_0$ ) adalah:

$$\frac{I_a}{I_0} = \left( \frac{2n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad (2.4)$$

Perbandingan intensitas energi yang diteruskan setelah melewati medium kedua ( $I_d$ ) dengan intensitas energi datang ( $I_0$ ) adalah:

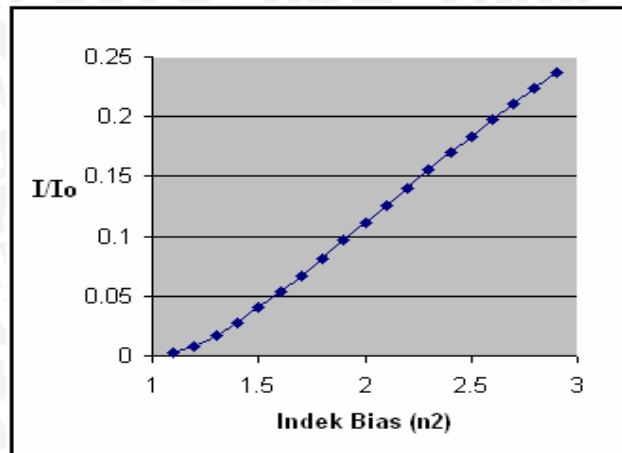
$$\frac{I_d}{I_0} = e^{-\alpha x c} \quad (2.5)$$

dimana,  $\alpha$  adalah koefisien absorpsi ( $\text{liter} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ),  $x$  adalah panjang lintasan (cm) dan  $c$  adalah konsentrasi bahan yang dilalui cahaya (mol/liter).



Gambar 2.8. Intensitas Cahaya dalam Medium  
Sumber: Perancangan

Dimana  $I_0$  adalah intensitas cahaya datang dengan  $n_1$  dan  $n_2$  adalah indeks bias dari kedua media. Pada pengukuran kadar air biji kopi ini,  $n_1$  adalah indeks bias udara ( $n_1=1$ ) dan  $n_2$  adalah indeks bias biji kopi yang besarnya berubah-ubah sesuai dengan perubahan kadar air biji kopi. Hubungan antara intensitas cahaya yang dipantulkan ( $I$ ) dengan intensitas cahaya datang ( $I_0$ ) terhadap indeks bias medium ( $n_2$ ) seperti terlihat pada Gambar 2.9.

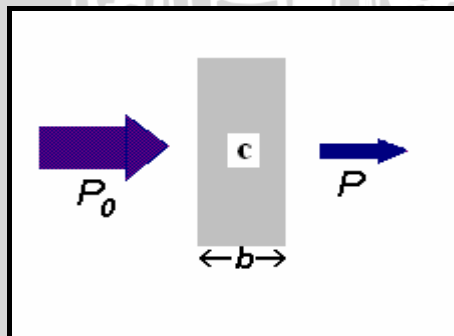


Gambar 2.9. Korelasi Antara Intensitas Cahaya yang Dipantulkan dengan Intensitas Cahaya Datang ( $I/I_o$ ) terhadap Indek Bias ( $n_2$ ).

Sumber: Perancangan

### 2.7 Hukum Lambert-Beer

Hubungan antara panjang gelombang medium yang dilewati cahaya dan daya radiasi pertama kali dirumuskan oleh Lambert. Hukum ini menyatakan bahwa seberkas cahaya yang melalui sebuah medium yang dapat menyerap cahaya untuk daya radiasi cahaya tersebut akan berkurang secara eksponensial dengan bertambah panjangnya medium tersebut. Sedangkan hubungan konsentrasi medium penyerap dengan daya radiasi seberkas cahaya dikemukakan oleh Beer. Hukum ini menyatakan bahwa daya radiasi seberkas cahaya yang melewati sebuah medium penyerap akan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi larutan tersebut. Gabungan kedua rumusan ini dikenal dengan hukum Lambert-Beer.



Gambar 2.10. Absorpsi Cahaya oleh Suatu Bahan.

Sumber : Annonymous, 2007

Penyerapan cahaya oleh suatu bahan dapat ditunjukkan seperti pada Gambar 2.10. Apabila seberkas cahaya dengan daya radiasi ( $P_0$ ) dijatuhkan pada kuvet yang berisi bahan dengan konsentrasi ( $c$ ) maka setelah berkas tersebut menempuh jarak ( $b$ ), daya berkurang karena sebagian cahaya diserap oleh bahan pada panjang gelombang tertentu.

Transmitansi adalah perbandingan antara daya radiasi cahaya setelah melewati larutan ( $P$ ) terhadap daya radiasi cahaya sebelum melewati larutan ( $P_0$ ). Semakin tinggi tingkat konsentrasi larutan maka semakin banyak pula cahaya yang akan diserap larutan tersebut dan semakin sedikit cahaya yang akan diteruskan larutan, sehingga transmitansinya semakin kecil. Hubungan antara transmitansi dan daya radiasi sebelum dan setelah melewati larutan dapat ditulis seperti Persamaan 2.6.

$$T = \frac{P}{P_0} \quad (2.6)$$

Hukum Lambert-Beer menyatakan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan medium. Jika ditulis dalam rumusan matematisnya adalah:

$$A = \varepsilon c d \quad (2.7)$$

dimana,

$P_0$  = Daya radiasi sebelum melewati bahan

$P$  = Daya radiasi setelah melewati bahan

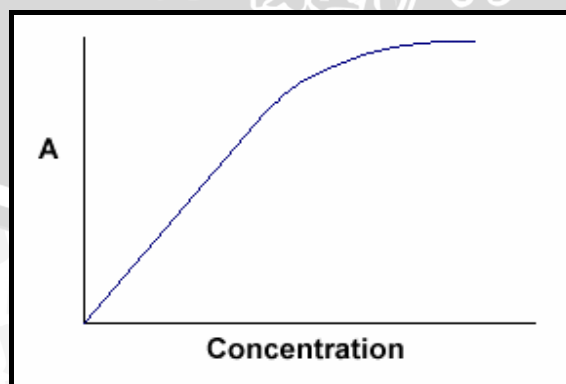
$A$  = Penyerapan (Absorbansi)

$\varepsilon$  = Koefisien absorbansi ( $\text{liter} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ )

$b$  = Panjang bahan yang dilalui cahaya (cm)

$c$  = Konsentrasi larutan (mol/liter)

Dengan koefisien absorbansi dan panjang lintasan tetap maka terdapat hubungan yang linier antara daya serap suatu larutan dengan besarnya konsentrasi larutan tersebut. Hubungan antara absorbansi cahaya dengan konsentrasi kadar air yang terkandung dalam biji kopi dapat dilihat seperti pada Gambar 2.11.

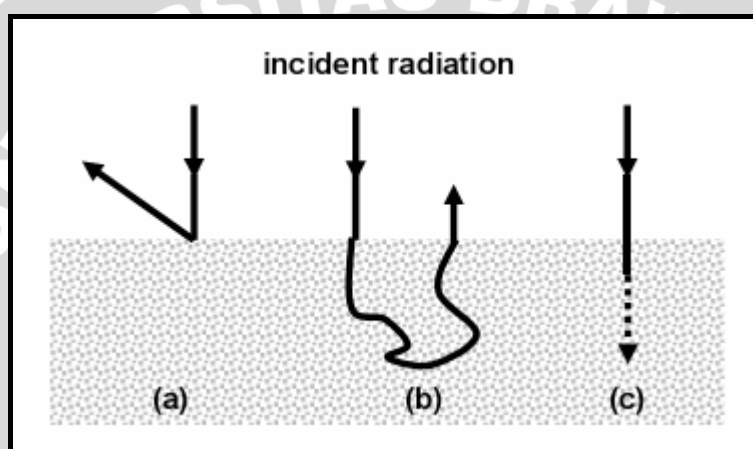


Gambar 2.11. Korelasi Absorpsi Cahaya dengan Konsentrasi Bahan yang dilalui Cahaya.

Sumber : Anonymous, 2007

## 2.8 Spektrofotometri Near Infrared Reflectance

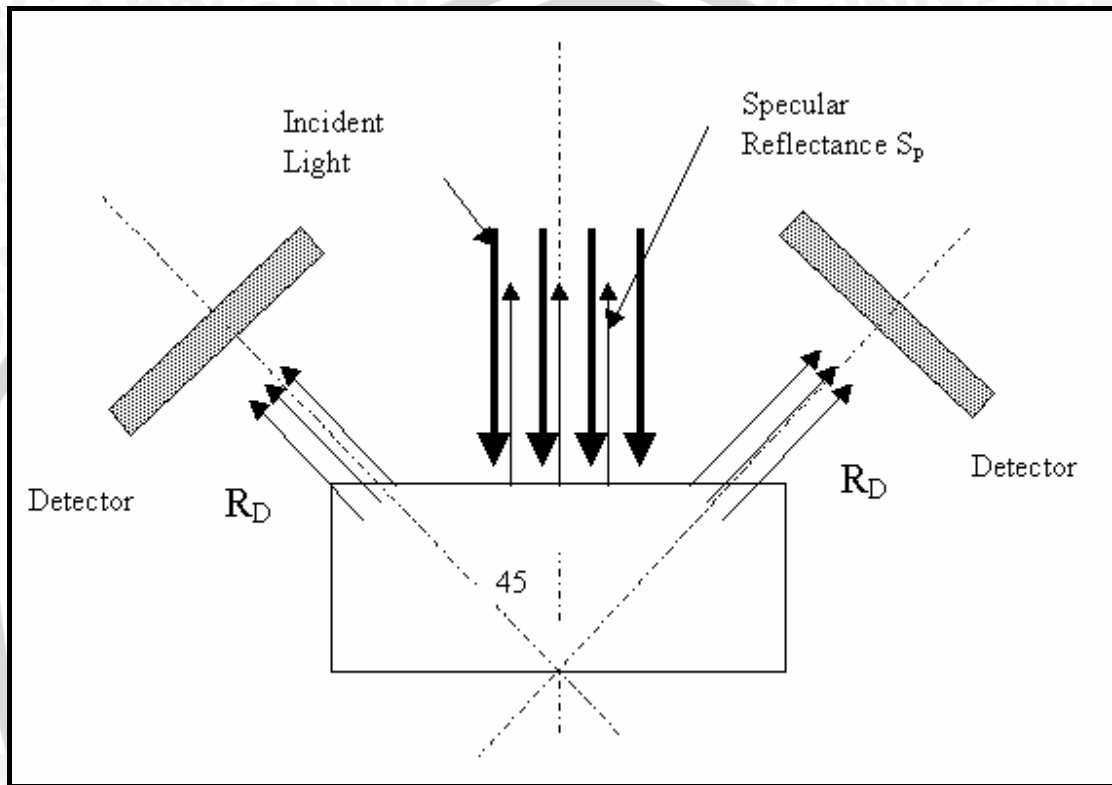
Teori tentang spektrofotometri *near infrared reflectance* (NIR) telah dijelaskan oleh beberapa peneliti, antara lain Hruschka dan Givens pada tahun 1987 dan 1997. Ketika cahaya infrared mengenai sampel yang solid maka sebagian cahaya akan dipantulkan oleh permukaan sampel (*specular reflectance*) sedangkan yang lainnya akan masuk ke dalam sampel dan terjadi penyerapan cahaya oleh sampel. Cahaya yang tidak diserap oleh sampel akan diteruskan (*transmitted through*) melewati sampel dan cahaya yang lain akan dipantulkan (*diffuse reflectance*) oleh sampel (Dryden, M 2003). Terjadinya proses *specular reflectance* dan *diffuse reflectance* serta penyerapan (*absorption*) dari cahaya *near infrared* pada sampel seperti terlihat pada Gambar 2.12



**Gambar 2.12.** Proses (a) specular reflectance (b) diffuse reflectance dan (c) absorption  
**Sumber:** Dryden, M 2003

Ketika hukum Lambert-Beer secara umum menggambarkan hubungan antara radiasi *diffuse reflectance* dan karakteristik dari sampel yang solid, panjang lintasan dari *diffuse reflectance* tidak dapat diprediksikan secara tepat karena terjadinya penyebaran (*scattered*) cahaya yang disebabkan oleh proses pemantulan acak (*random reflections*), pembiasan (*refractions*) dan difraksi (*diffractions*) cahaya dalam sampel. NIR *diffuse reflectance* dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu penyebaran cahaya (*non-specific of radiation*), panjang lintasan yang dilalui cahaya dan kandungan kimia (senyawa) dari sampel. Dari tiga sebab ini maka hubungan secara umum antara pemantulan (*reflectance*) dan konsentrasi sampel tidak dapat dituliskan menjadi persamaan matematika yang bersifat umum sehingga hubungan antara pemantulan cahaya dan konsentrasi dari sampel dapat ditentukan dengan melakukan kalibrasi untuk masing-masing sampel (Dryden, M 2003). Dalam penelitian ini, kalibrasi akan dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dengan sampel berupa biji kopi.

Apabila cahaya yang dipantulkan oleh sampel biji kopi hanya merupakan *specular reflectance* maka persamaan 2.3 dapat digunakan untuk menentukan intensitas cahaya yang dipantulkan. Pada perancangan dalam penelitian ini, intensitas cahaya datang yang akan mengenai sampel biji kopi akan mengalami dua jenis pemantulan, yaitu *specular reflectance* dan *diffuse reflectance*. Adanya *specular reflectance* dan *diffuse reflectance* yang dipantulkan biji kopi dapat diperjelas seperti Gambar 2.13.



**Gambar 2.13.** Proses specular reflectance dan diffuse reflectance

**Sumber:** Anonymous1, 2003

$$\text{Reflectanc (R)} = S_p + R_D \quad (2.8)$$

$$\text{Absorbance (A)} = \log \frac{1}{R} = \varepsilon b c \quad (2.9)$$

dari persamaan 2.9, maka *reflectance* (R) :

$$R = 10^{-\varepsilon b c} \quad (2.10)$$

dimana:

R = Pemantulan

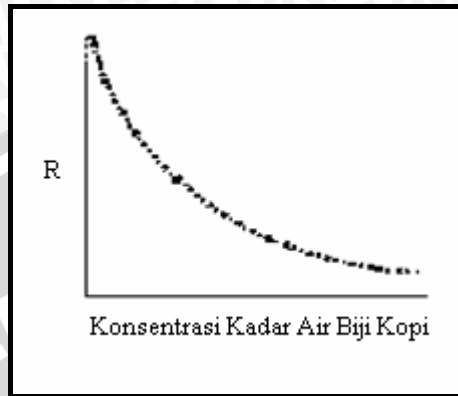
A = Penyerapan

$\varepsilon$  = Koefisien absorbansi ( $\text{liter} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ )

b = Panjang bahan yang dilalui cahaya(cm)

c = Konsentrasi larutan (mol/liter)

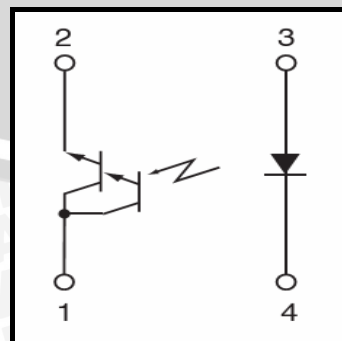
karena besarnya koefisien absorpsi dan panjang lintasan tetap maka pemantulan cahaya yang berasal dari sampel biji kopi hanya dipengaruhi konsentrasi larutan, dalam hal ini yaitu perubahan kadar air biji kopi. Hubungan antara pemantulan cahaya dengan konsentrasi kadar air biji kopi yang mengenai sebuah biji kopi dapat digambarkan seperti terlihat pada Gambar 2.14.



**Gambar 2.14.** Hubungan antara Pemantulan dan Konsentrasi Kadar Air Biji Kopi  
**Sumber:** Perancangan

### 2.9 Reflective Object Sensor QRD1313

*Reflective Object Sensor QRD1313* terdiri dari sebuah dioda yang memancarkan cahaya *near infrared* dan sebuah photodarlington NPN yang disusun bersebelahan dan dikemas pada sebuah tempat yang terbuat dari plastik yang berwarna hitam. Detektor cahaya infrared ini berupa photodarlington NPN yang hanya akan merespon radiasi yang dipancarkan oleh LED yang mengenai suatu benda atau permukaan yang mempunyai sifat memantulkan cahaya, dimana cahaya yang dipantulkan berada pada panjang gelombang 880 nm dan masih berada pada *field of view* dari detektor. Sumber cahaya *near infrared* maupun detektor cahaya dari sensor ini bekerja secara optimal pada panjang gelombang 880 nm, dimana simbol komponen dari sensor ini seperti terlihat pada Gambar 2.15.



**Gambar 2.15.** Simbol *Reflective Object Sensor QRD1313*  
**Sumber :** Anonymous, 2005



*Reflective Object Sensor* QRD1313 secara umum mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Sumber cahaya dipancarkan secara *unfocus*.
2. Didesain untuk *non-contact object*.
3. Temperatur operasi =  $-40^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $85^{\circ}\text{C}$ .
4. *Peak wavelength* ( $\lambda_p$ ) = 880 nm.
5. Disipasi daya maksimum ( $P_{d\max}$ ) = 100 mW (pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ ).

GaAlAs/GaAs *infrared emitting diode* QRD1313 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Arus *forward* maksimum ( $I_{f\max}$ ) = 50mA.
2. Tegangan *forward* maksimum ( $V_{f\max}$ ) = 1,7 V.
3. Disipasi daya maksimum ( $P_{d\max}$ ) = 100 mW (pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ ).

Photodarlington NPN QRD1313 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1. Tegangan kolektor-emitor maksimum ( $V_{CEO\max}$ ) = 15 V.
2. Tegangan kolektor-emitor balik maksimum ( $V_{ECO\max}$ ) = 5 V.
3. Disipasi daya maksimum ( $P_{d\max}$ ) = 100 mW (pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ ).

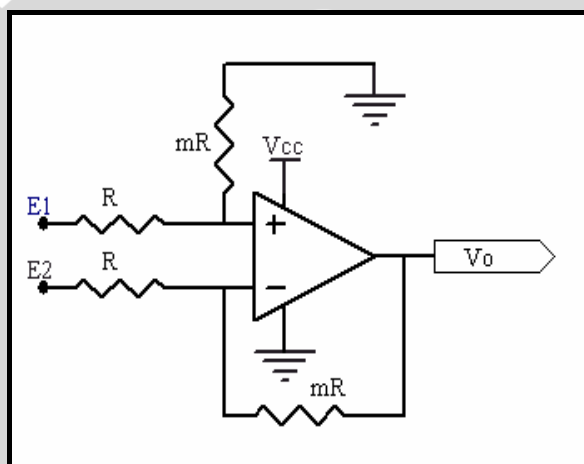
## 2.10 Penguat Diferensial

Penguat diferensial merupakan penguat instrumentasi yang mampu mengukur maupun memperkuat isyarat-isyarat kecil yang terbenam dalam isyarat-isyarat yang jauh lebih besar (Coughlin dan Driscoll, 1982). Sebuah op-amp yang dirangkai menjadi penguat diferensial seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16. Op-amp merupakan komponen IC yang memiliki dua buah terminal masukan, yaitu masukan bertanda (-) dan masukan bertanda (+) serta satu buah keluaran (Hamonangan A.,2007). Jika  $E_1$  diganti oleh sebuah hubungan singkat, maka  $E_2$  akan menghadapi penguat pembalik dengan gain sebesar  $-m$ , oleh karena itu tegangan keluaran yang hanya diakibatkan oleh  $E_2$  adalah  $-mE_2$ . Jika  $E_2$  diganti dengan sebuah hubungan singkat ( $E_1$  dihubungkan seperti pada gambar), maka  $E_1$  akan terbagi diantara  $R$  dan  $mR$  sehingga akan memberikan tegangan sebesar  $\frac{m}{(1+m)} E_1$  pada masukan (+) op-amp tersebut. Tegangan yang terbagi ini menghadapi penguat tak membalik dengan gain sebesar  $(m+1)$ .

Tegangan keluaran yang hanya diakibatkan  $E_1$  adalah tegangan yang terbagi  $\frac{m}{(1+m)} E_1$ , dikali *gain* penguatan tak membalik  $(m+1)$  sehingga akan memberikan tegangan keluaran sebesar  $mE_1$ . Maka dari itu, apabila  $E_1$  dan  $E_2$  masing-masing berada pada masukan (+) dan masukan (-), maka besarnya  $V_o$  adalah  $mE_1 - mE_2$  (Coughlin dan Driscoll, 1982) atau dapat ditulis seperti persamaan 2.11.

$$V_o = mE_1 - mE_2 = m(E_1 - E_2) \quad (2.11)$$

Persamaan 2.11 diatas memperlihatkan bahwa tegangan keluaran dari penguat diferensial ( $V_o$ ) sebanding dengan perbedaan tegangan yang diterapkan ke masukan (+) dan masukan (-). Pengali  $m$  disebut *gain* diferensial dan ditentukan oleh perbandingan tahanannya.



**Gambar 2.16.** Rangkaian Penguat Diferensial  
**Sumber:** Coughlin dan Driscoll, 1982:47

Penguat diferensial ini nantinya akan difungsikan sebagai rangkaian pengkondisi sinyal bagi ADC yang ada pada AVR ATmega8L.

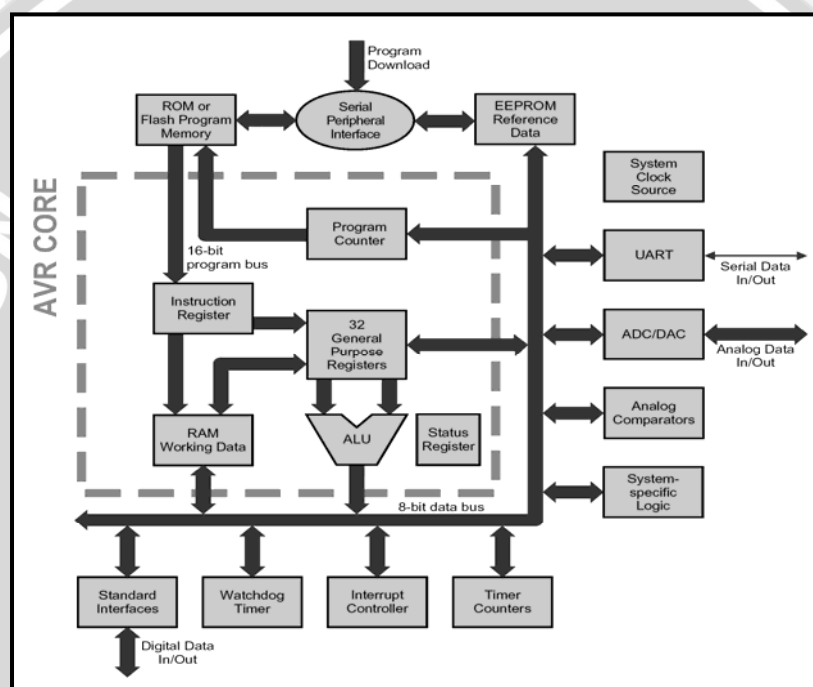
### 2.11 Mikrokontroler ATmega8L

Mikrokontroler ATmega8L merupakan salah satu bagian dari keluarga AVR (*At and Vegard's Risc prosessor*) yang diproduksi Atmel dengan menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. AVR yang pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996 ini didesain dengan mengkombinasikan arsitektur RISC, memori *flash* internal dan jumlah *register* serbaguna yang besar (32 buah) untuk memperoleh ukuran kode program, kinerja, dan konsumsi daya yang optimal. Beberapa kelebihan yang dimiliki Mikrokontroler keluarga AVR adalah kemampuan eksekusi dalam satu siklus

clock serta arsitektur AVR yang dirancang untuk bekerja secara efisien menggunakan bahasa tingkat tinggi C.

### 2.11.1 Arsitektur AVR

AVR menggunakan konsep arsitektur *Harvard* dengan memori dan bus terpisah untuk data dan program. Lebar bus program pada AVR adalah 16 bit sedangkan lebar bus data adalah 8 bit. Memori program dieksekusi dengan *pipeline* satu tingkat, dimana saat instruksi sedang dieksekusi, instruksi yang berikutnya dibaca dari memori program. Konsep ini memungkinkan instruksi untuk dieksekusi dalam tiap-tiap siklus *clock*. Arsitektur AVR seperti terlihat pada Gambar 2.17.



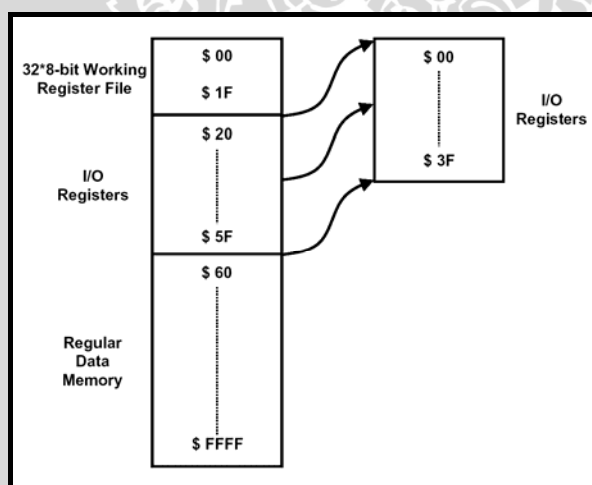
**Gambar 2.17.** Arsitektur AVR  
Sumber : Atmel, 2002 : 5

AVR memiliki jumlah *register* yang relatif besar untuk ukuran Mikrokontroler 8 bit, yaitu 32 buah *general purpose registers*. AVR tidak memiliki *accumulator* seperti yang dimiliki sebagian besar mikroprosesor/Mikrokontroler. Seluruh *general purpose register* terhubung ke ALU (*Arithmetic Logic Unit*) sehingga operasi ALU dapat dilaksanakan dengan menggunakan *general purpose registers* sebagai *operand*. Hal ini yang membuat AVR begitu cepat dalam mengeksekusi instruksi. Dalam satu siklus clock, terdapat dua *register* independen yang dapat diakses oleh suatu instruksi. Teknik yang digunakan adalah *fetch during execution* atau memegang sambil mengerjakan. Hal ini berarti, dua *operand* dibaca dari dua *register*, dilakukan eksekusi operasi dan hasilnya disimpan kembali ke dalam salah satu *register*, semuanya dilakukan dalam satu

siklus *clock* (Pratomo A., 2005). Dalam skala operasi yang relatif besar, operasi ALU dapat dijalankan dengan lebih cepat. Semua *general purpose registers* juga dapat digunakan untuk mengakses data dari dan ke memori dengan instruksi *load* dan *store*.

Enam dari 32 *register* dapat digunakan sebagai pasangan *register* 16 bit. Pasangan *register* 16 bit dapat digunakan sebagai *pointer register* untuk pengalamatan area data sehingga memungkinkan perhitungan alamat menjadi lebih efisien. Ketiga *register* tersebut adalah *register X* (R26 dan R27), *Y* (R28 dan R29), dan *Z* (R30 dan R31).

Peta memori data AVR dapat dilihat pada Gambar 2.18. Memori data dibagi menjadi 4 bagian. 32 alamat paling bawah (0000 – 001F) ditempati oleh *general purpose registers*. 64 alamat berikutnya (0020 – 005F) ditempati oleh *register I/O* yang mengatur piranti CPU seperti *register* kontrol, *timer/counter*, ADC, dan fungsi I/O lainnya. Alamat berikutnya digunakan oleh SRAM internal dan eksternal. Perlu dicatat, ukuran SRAM internal tidak sama untuk masing-masing tipe AVR dan tidak semua tipe memiliki SRAM internal atau SRAM eksternal.



**Gambar 2.18.** Peta Memori AVR

Sumber : Atmel, 2002 : 6

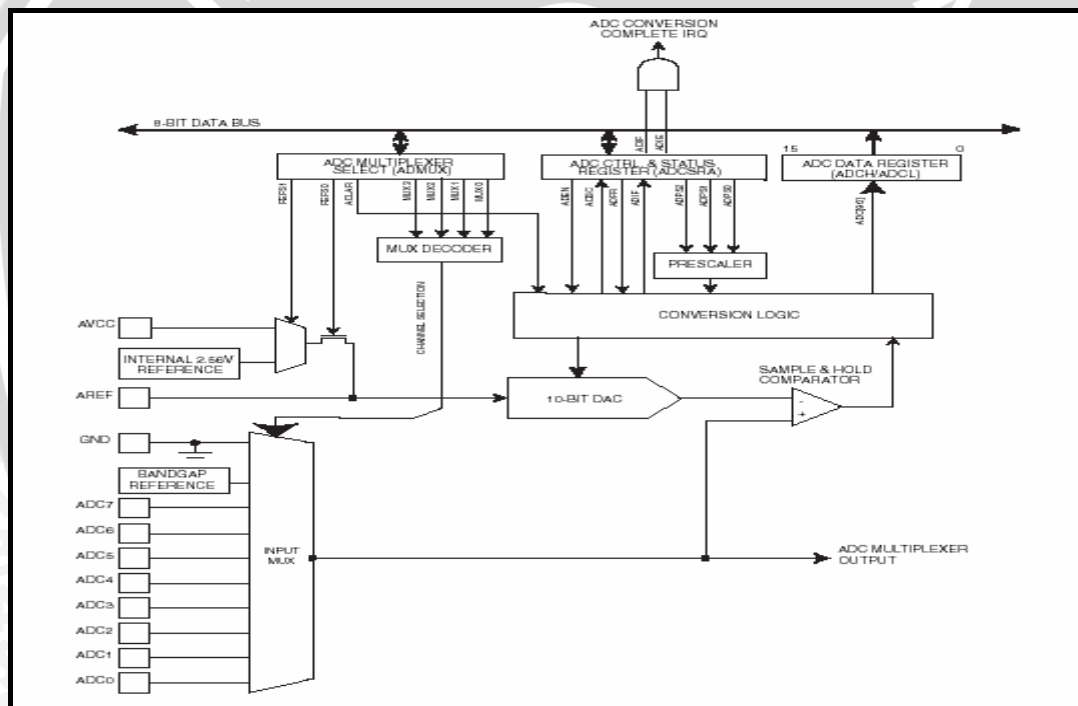
Selama interupsi dan pemanggilan *subroutine*, alamat pada *Program Counter* (PC) disimpan pada *stack*. Pada tipe AVR yang memiliki SRAM internal atau eksternal, *stack* dialokasikan di SRAM sehingga ukuran *stack* hanya terbatas oleh total ukuran dan pemakaian SRAM. Semua program harus menginisialisasi *Stack Pointer* (SP) di dalam rutin *reset*, sebelum *subroutines* atau *interrupt* dieksekusi. Sedangkan tipe AVR yang tidak memiliki SRAM, alamat pada PC disimpan di *stack hardware* yang memiliki ukuran terbatas.

## 2.11.2 Periperhal

AVR memiliki beberapa jenis periperhal internal, diantaranya komparator analog, *timer/counter*, UART, *watchdog timer*, EEPROM dan ADC/DAC. Periperhal yang ada dalam chip AVR tergantung pada tipe AVR. Berikut ini akan dibahas dua jenis periperhal AVR ATmega8L yang akan digunakan untuk terealisasinya Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi, yaitu ADC dan EEPROM.

### 2.11.2.1 ADC

AVR ATmega8L memiliki fasilitas ADC 10 bit yang terhubung dengan 6 saluran multiplexer analog yang membolehkan setiap pin pada port C untuk digunakan sebagai input untuk ADC. ADC terdiri dari satu *Sample/Hold Amplifier* yang memastikan bahwa tegangan input ke ADC ditahan pada level konstan selama konversi. Blok diagram dari ADC seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.19. Blok Diagram ADC

Sumber: Atmel, 2002: 197

ADC mempunyai 2 pin tegangan analog yang terpisah yaitu AVCC dan AGND. AGND harus dihubungkan ke GND dan tegangan pada AVCC tidak boleh beda lebih dari  $\pm 0.3V$  dari VCC. Tegangan referensi eksternal harus dikenakan ke pin AREF. Tegangan ini harus berada dalam range AGND – AVCC. ADC bisa beroperasi dalam 2 mode yaitu *Single Conversion* dan *Free Run Mode*. Pada *Single Conversion Mode*, setiap konversi harus diinisialisasi oleh pengguna. Pada *Free Run Mode*, ADC secara konstan menyampling dan mengupdate *ADC Data Register*.

ADC aktif dengan memberikan logika 1 ke bit *ADC Enable*, yaitu ADEN pada ADCSR. Konversi pertama dimulai setelah mengaktifkan ADC, dimana waktu yang diperlukan untuk melakukan konversi sebesar 13 siklus *clock* ADC. Bit ini tetap *high* selama konversi berlangsung dan akan diset nol oleh *hardware* ketika konversi lengkap. Jika suatu saluran data berbeda terpilih sedangkan suatu konversi masih dalam proses, ADC akan menyelesaikan konversi yang sekarang sebelum melakukan perubahan saluran. Hasil konversi ADC akan menghasilkan 10-bit data pada dua *register* data, yaitu ADCH dan ADCL, dimana data hasil konversi harus dibaca untuk mendapatkan hasil ketika konversi lengkap. Logika perlindungan khusus digunakan untuk memastikan bahwa isi dari *register* data ADCH dan ADCL telah diakses secara tepat ketika konversi telah selesai.

Mekanisme pengaksesan hasil konversi adalah sebagai berikut: ketika pembacaan data, ADCL harus dibaca pertama kali. Sekali ADCL dibaca, akses ke *register* data diblok. Ini berarti bahwa jika ADCL telah dibaca dan konversi selesai sebelum ADCH dibaca, tidak ada satu *register* pun yang diupdate dan hasil dari konversi hilang. Ketika ADCH dibaca, akses ADC ke *register* ADCH dan ADCL di *enable* ulang. ADC pada ATmega8L memiliki *interrupt* sendiri, yaitu ADIF, yang bisa dipicu ketika konversi selesai. Akses ADC ke *register* data dilarang untuk melakukan pembacaan dari ADCH menuju ADCL, apabila hal ini dilakukan maka data hasil konversi menjadi tidak *valid* lagi. ADC memiliki fasilitas *prescaler*, yang berfungsi membagi sistem *clock* menjadi frekuensi *clock* ADC yang mudah diterima. ADC ATmega8L dapat menerima frekuensi *clock* input dalam range 50 kHz - 200 kHz. Penggunaan frekuensi input yang semakin tinggi akan menghasilkan tingkat akurasi yang semakin rendah. Bit ADPS0 - ADPS2 pada ADCSR digunakan untuk menghasilkan frekuensi *clock* input ADC yang diperlukan dari frekuensi XTAL di bawah 100 kHz. *Prescaler* mulai menghitung saat ADC diaktifkan dengan mengeset bit ADEN pada ADCSR. *Prescaler* dijaga tetap bekerja selama bit ADEN diset dan secara kontinyu direset ketika ADEN rendah. Ketika penginisialisasian konversi dengan mengeset bit ADSC pada ADCSR, konversi mulai pada tepi naik dari siklus *clock* ADC. Pada kenyataannya *sample/hold* memerlukan 1.5 siklus *clock* ADC setelah konversi dimulai. Hasil konversi siap dan ditulis pada *register* hasil ADC setelah 13 siklus *clock* ADC. Pada *single conversion mode*, ADC memerlukan lebih dari satu siklus *clock* sebelum konversi yang baru bisa dimulai lagi. Jika ADSC diset *high* pada periode ini, ADC akan mulai konversi baru dengan seketika. Pada *free run mode*, konversi yang

baru akan dimulai dengan tiba-tiba setelah hasil konversi ditulis pada *register* hasil ADC. Hasil penggunaan *free run mode* dan frekuensi clock ADC 200 kHz memberikan konversi waktu terendah, 65 ms, ekuivalen dengan 15.4 kSPS.

### 2.11.2.2 EEPROM

ATmega8L mempunyai EEPROM dengan kapasitas 512 *byte* yang dapat dibaca dan ditulis sampai 100.000 kali. Pengaksesan EEPROM dapat dilakukan dengan melibatkan *EEPROM Address Register (EEAR)*, *EEPROM Data Register (EEDR)* dan *EEPROM Control Register (EECR)*.

*EEPROM Address Register* terdiri dari 2 buah *register*, yaitu EEARL dan EEARH yang berfungsi untuk pengalamatan data yang akan dibaca/ditulis dari/ke EEPROM. Konfigurasi *EEPROM Address Register* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.20.

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	
	-	-	-	-	-	-	-	EEAR8	EEARH
	EEAR7	EEAR6	EEAR5	EEAR4	EEAR3	EEAR2	EEAR1	EEAR0	EEARL
Read/Write	R	R	R	R	R	R	R	R/W	
	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	X	
	X	X	X	X	X	X	X	X	

Gambar 2.20. EEPROM Address Register

Sumber : Atmel, 2004: 18

Bit 15 .. 9 - *Reserved bit*, pada bit-bit ini merupakan *invalid* bit dan akan selalu terbaca logika rendah(0). Bit 8 .. 0 - *EEPROM Address*, pada bit-bit ini, *register* berfungsi untuk pengalamatan EEPROM dengan kapasitas 512 *byte* yang dapat dialamati dari alamat 0 sampai 511.

*EEPROM Data Register* terdiri dari 8 bit yang berfungsi sebagai *register* data sementara yang dibaca dari EEPROM atau data yang akan ditulis ke EEPROM dengan alamat tertentu. EEPROM *data register* berkapasitas 8 bit seperti ditunjukkan pada Gambar 2.21.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	MSB							LSB	EEDR
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Gambar 2.21. EEPROM Data Register

Sumber : Atmel, 2004: 18

Bit 7 .. 0 – EEDR7..0 : *EEPROM Data Register*, pada mode penulisan, *Register EEDR* berisikan data yang akan dituliskan pada EEPROM dengan alamat yang terdapat *EEPROM address register*. Sedangkan pada mode pembacaan, hasil dari mode pembacaan pada alamat yang berada pada *EEPROM address register* akan terdapat pada *register* ini.

*EEPROM Control Register* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.22 diantaranya berfungsi untuk menentukan *access* yang akan dilakukan terhadap EEPROM, seperti proses baca dan proses tulis dari/ke EEPROM.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	-	-	EERIE	EEMWE	EWE	EERE	EEDR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	X	0	

**Gambar 2.22.** EEPROM Control Register

Sumber : Atmel, 2004: 18

Bit 7 .. 4 : *Reserved bit*, pada bit-bit ini merupakan invalid bit dan akan selalu terbaca logika rendah(0). Bit 3 : *EEPROM Ready Interrupt Enable*, jika pada bit ini diset 1, maka proses *Ready Interrupt Enable* akan aktif. Bit 2 : *EEMWE : EEPROM Master Write Enable*, bit ini digunakan untuk menentukan proses penulisan selain *EWE* pada EEPROM. Jika diset 1 maka dengan menyeting *EWE* dengan 4 *clock* akan melakukan penulisan pada alamat yang dituju. Jika diset 0 maka konfigurasi *EWE* tidak berfungsi. Bit 1 : *EWE : EEPROM Write Enable*, jika diset 1 maka EEPROM berada pada proses penulisan. Bit 0 : *EERE : EEPROM Read Enable*, jika diset 1 maka EEPROM berada pada proses pembacaan.

Proses penulisan data ke EEPROM dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Pastikan *EWE* berlogika nol.
2. Pastikan *SPMEN* pada *SPMCR* berlogika nol.
3. Tuliskan data alamat baru ke *EEAR* jika diinginkan.
4. Tuliskan data baru yang akan disimpan ke EEPROM pada *EEDR* jika diinginkan.
5. Tuliskan logika satu pada *EEMWE* pada saat *EWE* berlogika nol.
6. Tuliskan logika satu pada *EWE* setelah empat *clock cycle* dari penulisan logika satu pada *EEMWE*.

Sedangkan proses pembacaan data dari EEPROM dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

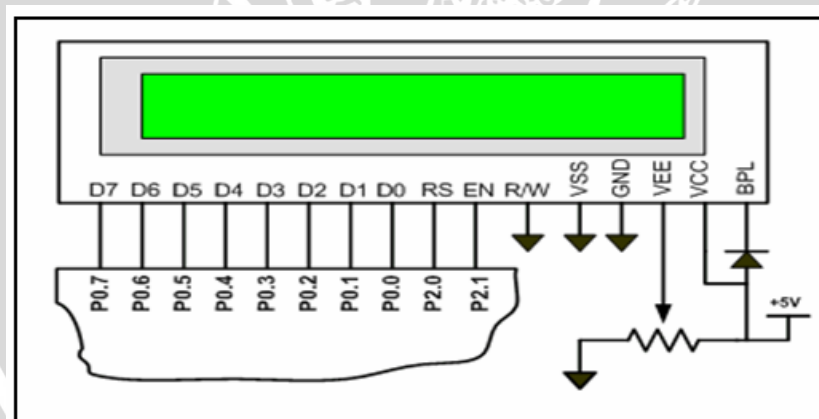


1. Pastikan EWE berlogika nol.
2. Pastikan SPEN pada SPMCR berlogika nol.
3. Tuliskan data alamat baru ke EEAR jika diinginkan.
4. Tuliskan logika satu ke EERE pada EEER.
5. Ambil data yang ada pada EEDR.

Penggunaan *memory non-volatile* pada mikrokontroler AVR ini bertujuan untuk menyimpan informasi yang berupa kadar air biji kopi sekaligus menampilkannya kembali pada saat dibutuhkan.

## 2.12 Modul LCD M1632

*Liquid Crystal Display* (LCD) adalah suatu media penampil dalam bentuk matrik titik yang diproduksi oleh Seiko Instruments Inc. LCD M1632 dilengkapi dengan panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengontrol LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. Pengontrol mempunyai ROM/RAM pembangkit karakter dan RAM data *display*. Semua fungsi untuk tampilan diatur menggunakan instruksi-instruksi sehingga modul LCD ini dengan mudah dapat diantarmukakan dengan unit mikroprosesor atau mikrokontroler (Seiko, 1987). Model pengkabelan antara LCD  $2 \times 16$  dengan mikrokontroler seperti pada Gambar 2.23.



**Gambar 2.23.** Pengkabelan antara LCD  $2 \times 16$  dengan Mikrokontroler  
**Sumber :** Annonymous, 2006

Masukan yang diperlukan untuk mengendalikan modul diatas berupa *bus* data yang masih termultipleks dengan *bus* alamat serta 3 bit sinyal kontrol, yaitu RS, EN dan R/W. Sementara pengendalian dot matrik LCD dilakukan secara internal oleh mikrokontroler yang sudah terpasang dengan modul LCD.

## BAB III METODOLOGI

Penyusunan skripsi ini didasarkan pada masalah yang bersifat aplikatif, yaitu perancangan dan perealisasiian alat agar dapat menampilkan unjuk kerja sistem sesuai dengan yang direncanakan dengan mengacu pada rumusan masalah. Data dan spesifikasi komponen yang digunakan dalam perancangan merupakan data sekunder yang diambil dari buku maupun data komponen elektronika. Pemilihan komponen berdasarkan perancangan 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 dalam penulisan ini dimaksudkan untuk mempelajari teori komponen dan atau rangkaian yang digunakan dalam penulisan ini. Selain itu juga mempelajari secara global beberapa teori pendukung yang menunjang penyusunan Tugas Akhir ini. Beberapa hal yang dipelajari dalam studi literatur adalah sebagai berikut:

1. Melakukan studi literatur secara global tentang cara menentukan kadar air biji-bijian secara langsung (metode oven) terutama pada biji kopi.
2. Melakukan studi literatur tentang spektrofotometri infrared terutama metode *near infrared reflectance* (NIR).
3. Melakukan studi literatur tentang sensor kadar air biji kopi dengan menggunakan sumber cahaya *near infrared* dan detektor cahaya (phototransistor) untuk mempelajari bagaimana mengubah perubahan kadar air pada biji kopi menjadi perubahan tegangan.
4. Melakukan studi literatur tentang rangkaian *buffer* dan penguat diferensial dengan menggunakan op-amp yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan fungsi penggunaannya.
5. Melakukan studi literatur tentang sistem mikrokontroler ATmega8L serta beberapa peripheral yang akan digunakan dalam perealisasiian alat agar dapat mengetahui cara kerja mikrokontroler ATmega8L serta bahasa pemrograman yang akan dipakai.

6. Melakukan studi literatur tentang LCD  $2 \times 16$  untuk mempelajari bagaimana cara menampilkan data dari mikrokontroler ke *display* peraga.

### 3.2 Perancangan Alat

Agar perancangan dan perealisasi alat berjalan secara sistematis maka perlu dirancang diagram blok yang menjelaskan sistem yang dirancang secara garis besar. Pada setiap perancangan, pertama kali dilakukan penentuan spesifikasi rangkaian yang akan dibuat, kemudian dibuat blok diagram fungsional. Perancangan rangkaian dilakukan pada setiap blok diagram untuk mempermudah perancangan dan dilakukan perhitungan dalam menentukan besarnya komponen dan jenis komponen yang digunakan. Selanjutnya masing-masing blok dihimpun menjadi suatu sistem lengkap. Perancangan alat didasarkan pada teori yang ada dan data-data komponen yang dikeluarkan oleh industri pembuat komponen yang bersangkutan. Pemilihan komponen berdasarkan perancangan dan disesuaikan dengan komponen yang ada di pasaran.

### 3.3 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari alat yang telah kita buat apakah telah sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok kemudian secara keseluruhan sistem, pengujian antara lain berupa:

1. Pengujian Respon Sensor dan Pengubah Arus Ke Tegangan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari *reflective object sensor* QRD1313 dan pengaruh cahaya dari luar yang dapat mempengaruhi penerimaan cahaya pada phototransistor. Phototransistor QRD1313 sebagai sensor penerima cahaya *near infrared* diuji dengan memberikan catu tegangan pada kaki kolektor dengan kaki basis yang telah diseri dengan resistor sebagai pengubah arus ke tegangan yang terhubung dengan *ground*. Pengujian ini diharapkan dapat memperoleh nilai arus emitor minimum dan maksimum sehingga dapat menentukan nilai resistor yang dipasang seri dengan kaki emitor.

2. Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Pengujian rangkaian ini dilakukan dengan memberikan tegangan tertentu yang sudah ditentukan pada masukannya dan kemudian mengukur tegangan keluarannya sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

3. Pengujian ADC pada AVR ATmega8L

Pengujian ADC pada AVR ATmega8L dilakukan dengan memberikan tegangan masukan yang bervariasi pada pengoperasian kontinyu pada masukan ADC dan

kemudian menguji keluarannya berdasarkan perhitungan, selain itu juga dilakukan pengujian ADC yang dioperasikan secara termultipleks.

#### 4. Pengujian EEPROM pada AVR ATmega8L

Pengujian EEPROM ATmega8L dilakukan dengan memberikan masukan data pada alamat tertentu kemudian membaca kembali data tersebut yang ditampilkan melalui LCD maupun komputer dengan menggunakan *software* PonyProg2000.

#### 5. Pengujian Rangkaian Antarmuka Modul LCD

Pengujian rangkaian penampil berupa LCD dilakukan dengan memberikan masukan berupa karakter tertentu melalui mikrokontroler kemudian dibandingkan dengan kondisi yang diinginkan.

#### 6. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian dilakukan dengan cara memasukkan sampel biji kopi pada lubang sampel sehingga dapat diketahui unjuk kerja dari alat yang telah dibuat. Pengkaliberasian alat dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia PTPN XII, Jember, Indonesia.

#### 7. Pengujian Indikator Baterai

Pengujian indikator baterai dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran dari rangkaian indikator baterai sehingga dapat dipastikan bahwa rangkaian dapat memberikan range masukan pada ADC pada saat tegangan total baterai berada pada kondisi maksimum maupun minimum. Selain itu dilakukan pengujian program indikator baterai agar dapat menampilkan range 0 % - 100%.

### 3.4 Perealisasian Alat

Perealisasian alat merupakan penggabungan antara hardware dan software sehingga alat dapat berfungsi sebagaimana yang telah direncanakan. Perealisasian perangkat keras meliputi pembuatan PCB (*Printed Circuit Board*), perakitan dan penyolderan komponen pada PCB serta pemasangan periperhal pendukung pada bok pengemas alat. Perealisasian perangkat lunak meliputi pembuatan *flowchat* dan pembuatan program dengan menggunakan bahasa *assembly*. Akhir dari tahap ini adalah proses pengemasan alat sehingga alat dapat digunakan dengan mudah oleh penggunanya.

### 3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Pengambilan kesimpulan ini didasarkan pada kesesuaian antara perancangan dengan hasil pengujian. Tahap terakhir adalah saran yang dimaksudkan untuk

memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi serta mendukung dalam penyempurnaan penelitian ke depan.



## BAB IV

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas tentang perancangan dan pembuatan Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Perancangan perangkat keras terdiri dari: rangkaian sensor kadar air biji kopi, rangkaian pengubah arus ke tegangan, rangkaian pengikut tegangan, rangkaian penguat diferensial, sistem mikrokontroler yang diantarmukakan dengan rangkaian pengkondisi sinyal sensor serta rangkaian indikator baterai dan periperiferal pendukung yang berupa tiga buah tombol *pushbutton* serta sebuah LCD 2×16. Sedangkan perancangan perangkat lunak akan dibahas tentang pembuatan *flowchart* dan program *assembly* ATmega8L.

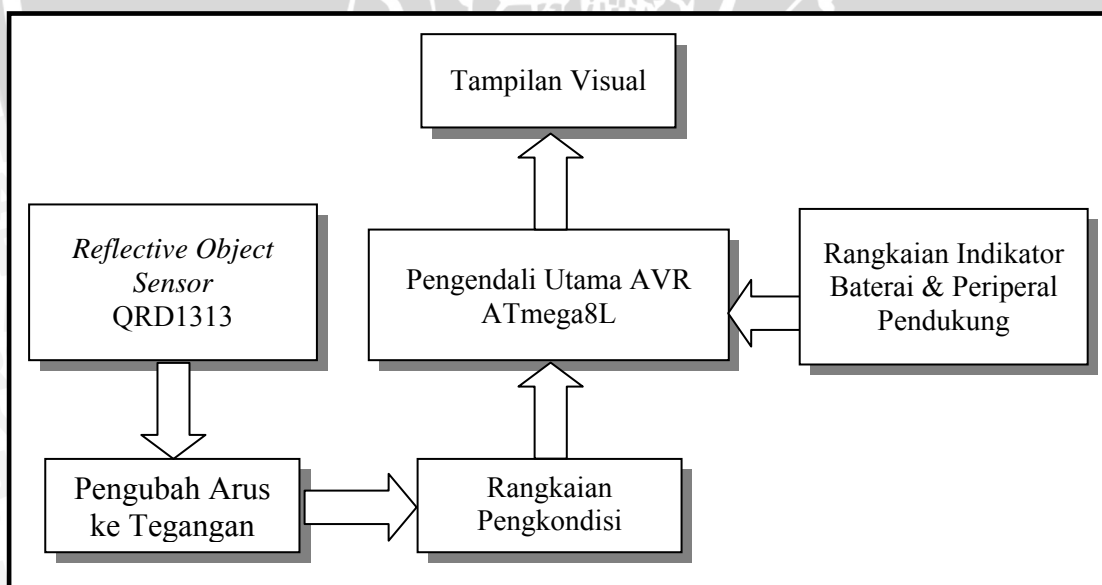
#### 4.1 Spesifikasi Alat

Hal pertama yang perlu dilakukan sebelum melakukan perancangan dan pembuatan alat adalah penentuan spesifikasi alat yang akan dibuat. Spesifikasi alat yang akan direncanakan adalah sebagai berikut:

8. Sumber tegangan adalah DC 10,2 V-11.2 V yang didapatkan dari 8 buah baterai sanyo AA 2500 mAh *rechargeable* yang dilengkapi rangkaian *recharger* atau DC 12 V yang berasal dari adaptor.
9. Menggunakan *reflective object sensor* QRD1313 untuk menghasilkan cahaya *near infrared* sekaligus sebagai detektor cahaya *near infrared*.
10. Memanfaatkan metode *near infrared reflectance* sebagai prinsip pengukuran kadar air biji kopi.
11. Pengendali utama berupa mikrokontroler ATmega8L.
12. Range kadar air biji kopi yang dapat diukur yaitu 8%-16%.
13. Tampilan visual berupa LCD 2×16 untuk menampilkan nilai kadar air biji kopi dan proses yang berhubungan dengan EEPROM serta sebagai penampil kondisi baterai.
14. Dilengkapi rangkaian indikator baterai yang ditampilkan melalui LCD dengan range 0%-100%.
15. Dilengkapi fasilitas penyimpanan 20 nilai kadar air biji kopi dengan memanfaatkan EEPROM pada AVR ATmega8L.

## 4.2 Gambaran Umum

Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi mempunyai gambaran umum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. Sensor QRD1313 merupakan komponen yang terdiri dari LED dan Phototransistor yang bekerja dengan optimal pada panjang gelombang 880 nm. LED ini akan memancarkan cahaya *near infrared* dengan panjang gelombang 880 nm, dimana pada panjang gelombang tersebut besarnya intensitas cahaya *near infrared* yang akan diteruskan atau dipantulkan hanya dipengaruhi oleh senyawa  $H_2O$  yang dilaluinya. Semakin tinggi konsentrasi  $H_2O$  maka semakin kecil intensitas cahaya *infrared* yang diteruskan atau dipantulkan. Detektor cahaya *near infrared* yang berada pada QRD1313 merupakan phototransistor yang dirangkai menjadi rangkaian photodarlington yang akan berfungsi untuk mengubah perubahan intensitas cahaya *near infrared* yang diterima pada kaki basis menjadi perubahan arus. Prinsip yang dipakai pada alat ini yaitu *near infrared reflectance*, dimana adanya perubahan intensitas cahaya *near infrared* yang dipantulkan oleh sampel biji kopi akan dideteksi oleh phototransistor pada QRD1313. Perubahan arus yang dihasilkan oleh rangkaian photodarlington akan dirubah menjadi perubahan tegangan dengan cara menghubungkan kaki emitor pada QRD1313 dengan sebuah resistor yang diseri.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem

Rangkaian pengkondisi sinyal terdiri dari rangkaian *buffer* dan rangkaian penguat diferensial yang berfungsi untuk mengatur sensitivitas dan akurasi alat. ATmega8L berfungsi sebagai unit pengolah/pengendali utama yang akan menerima masukan dari rangkaian pengkondisi sinyal dan rangkaian indikator baterai yang berupa

tegangan serta 3 buah tombol *pushbutton*. Periperal pendukung yang berupa 3 buah tombol *pushbutton* berfungsi untuk membantu mengoperasikan kerja dari alat ini. ATmega8L juga difungsikan untuk menyimpan nilai kadar air pada saat dibutuhkan dengan cara memanfaatkan EEPROM yang ada didalamnya. Tampilan visual alat ini berupa LCD 2×16 yang akan menampilkan nilai kadar air biji kopi dan berbagai proses yang berhubungan dengan EEPROM serta kondisi baterai dalam satuan persen dan dalam bentuk peringatan.

### 4.3 Perancangan Perangkat Keras

Bagian ini menguraikan rincian perancangan perangkat keras yang meliputi:

1. Perancangan sensor kadar air biji kopi dan rangkaian pengubah arus ke tegangan.
2. Perancangan rangkaian pengkondisi sinyal.
3. Perancangan sistem mikrokontroler ATmega8L.
4. Perancangan rangkaian antarmuka modul LCD dengan ATmega8L.
5. Perancangan rangkaian indikator baterai.

#### 4.3.1 Perancangan Sensor Kadar Air Biji Kopi dan Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan

Sensor yang dipakai yaitu dua buah *reflective object sensor* QRD1313 buatan *Fairchild Semiconductor* yang bekerja secara optimal pada panjang gelombang 880 nm. Sensor ini terdiri dari sebuah sumber cahaya *near infrared* yang berupa LED dan sebuah phototransistor yang dirangkai menjadi rangkaian photodarlington. Rangkaian sumber cahaya merupakan rangkaian yang digunakan untuk menghasilkan cahaya *near infrared* yang akan dipancarkan pada sampel biji kopi yang akan diketahui kadar airnya.

Semua rangkaian (kecuali rangkaian indikator baterai), termasuk rangkaian sumber cahaya *near infrared* akan dicatu dengan tegangan 5 volt melalui IC *regulator* LM7805. Tegangan yang konstan pada sumber cahaya dimaksudkan agar cahaya yang dipancarkan LED mempunyai intensitas yang stabil. Rangkaian sumber cahaya *near infrared* ditunjukkan seperti pada Gambar 4.2. Sedangkan besarnya nilai R pada Gambar 4.2 dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

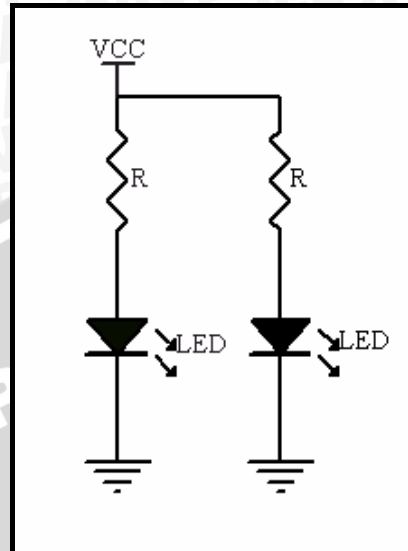
$$V_{cc} = I_{LED} \cdot R + V_{LED} \quad (4.1)$$

$$5 = 40 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,5$$



$$R = \frac{3,5}{40 \cdot 10^{-3}}$$

$R = 87,5\Omega \cong 89\Omega$  (menggunakan resistor  $33\Omega$  dan  $56\Omega$  yang diseri)



**Gambar 4.2** Rangkaian Pemancar Cahaya Near Infrared

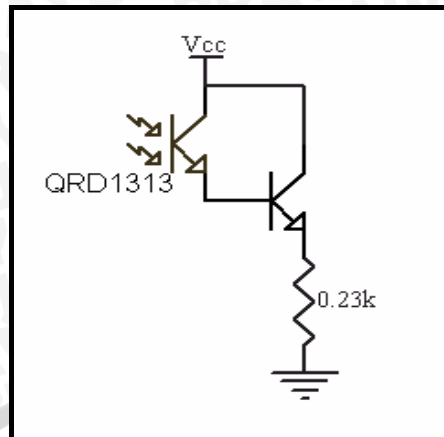
Detektor cahaya yang berupa phototransistor yang dirangkai menjadi rangkaian photodarlington akan menangkap cahaya *near infrared* dengan optimal pada panjang gelombang 880 nm. Detektor yang dipasang pada jarak 2 cm dari sampel biji kopi akan menyebabkan arus yang melewati kaki emitor sebesar 8,2748 mA pada saat kadar air biji kopi sebesar 17 % dan sebesar 10,7823 mA pada saat kadar air biji kopi sebesar 7 %. Dengan arus input maksimal ( $I_{\max}$ ) sebesar 10,7823 mA dan untuk memberikan tegangan sebesar  $V_{out} = 2,5$  V maka besarnya resistor yang diseri dengan kaki emitor QRD1313 adalah:

$$V_{out} = R_s \cdot I_{\max} \quad (4.2)$$

$$R_s = \frac{2500}{10,7823}$$

$R_s = 231,86 \Omega \cong 230 \Omega$  (menggunakan resistor  $200\Omega$  dan  $30\Omega$  yang dihubung seri)

Rangkaian lengkap detektor cahaya dan pengubah arus ke tegangan ditunjukkan seperti pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Rangkaian Detektor Cahaya dan Pengubah Arus ke Tegangan

#### 4.3.2 Perancangan Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal merupakan rangkaian yang menghubungkan antara keluaran sensor QRD1313 yang telah dikonversikan menjadi tegangan dengan masukan ADC dari ATmega8L. Rangkaian ini berfungsi untuk mengatur tingkat sensitivitas dan akurasi dari alat pengukuran kadar air biji kopi. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh sensor berkisar antara 1,903 V – 2,480 V akan dimanipulasi sehingga menjadi tegangan antara 0 V – 2,56 V (tegangan 2,56 V merupakan tegangan referensi dari ADC pada ATmega8L yang dipilih oleh perancang). Rangkaian pengkondisi sinyal ini dirancang agar tegangan keluaran minimal dari sensor  $V_{\min \text{ sensor}} = 1,903 \text{ V}$  akan memberikan tegangan masukan maksimal pada ADC ( $V_{\text{in max adc}}$ ) sebesar 2,56 V. Sedangkan tegangan maksimum sensor  $V_{\max \text{ sensor}} = 2,480 \text{ V}$  memberikan tegangan masukan minimal pada ADC ( $V_{\text{in min adc}}$ ) sebesar 0 V. Untuk mendapatkan nilai-nilai tersebut maka dapat ditulis menjadi persamaan 4.3 dan 4.4 sebagai berikut:

$$V_{\text{in min adc}} = m(V_{\text{kons}} - V_{\max \text{ sensor}}) \quad (4.3)$$

$$V_{\text{in max adc}} = m(V_{\text{kons}} - V_{\min \text{ sensor}}) \quad (4.4)$$

Untuk mendapatkan nilai  $V_{\text{in min adc}} = 0 \text{ V}$  dan  $V_{\text{in max adc}} = 2,56 \text{ V}$ , maka  $V_{\text{kons}} = 2,56 \text{ V}$ . Sehingga persamaan diatas akan menjadi :

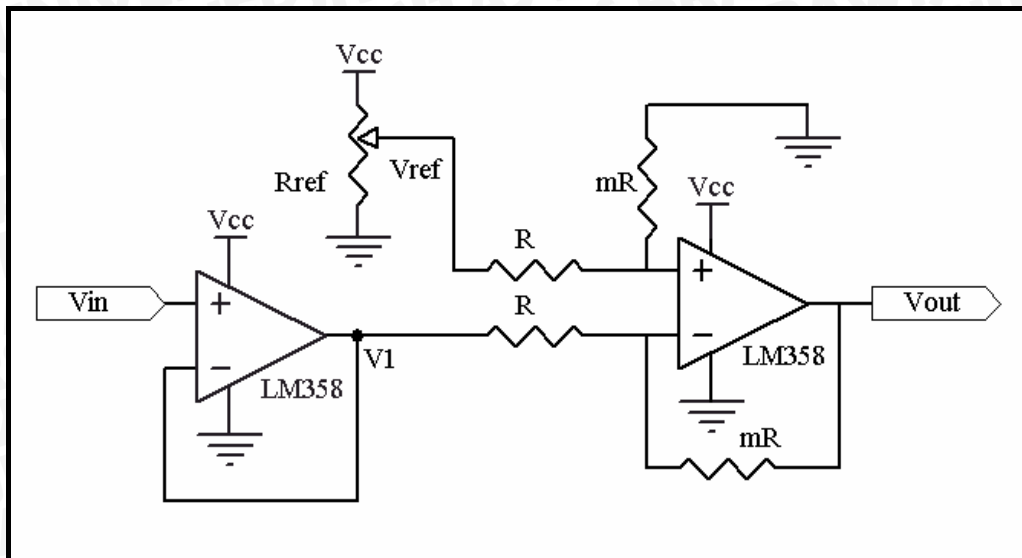
$$V_{\text{in adc}} = m(V_{\text{kons}} - V_{\text{sensor}}) \quad (4.5)$$

Apabila  $V_{\text{in adc}} = V_{\text{out}}$  dan  $V_{\text{kons}} = V_{\text{ref}}$  serta  $V_{\text{sensor}} = V1$  maka persamaan 4.5 menjadi:

$$V_{\text{out}} = m(V_{\text{ref}} - V1) \quad (4.6)$$

Persamaan 4.6 diatas dapat diselesaikan menggunakan rangkaian penguat diferensial dengan cara menghubungkan  $V_{\text{ref}}$  pada kaki *noninverting* dan  $V1$  pada kaki *inverting*

seperti terlihat pada Gambar 4.4.



**Gambar 4.4** Rangkaian Pengkondisi Sinyal

Penambahan rangkaian *buffer* seperti terlihat pada Gambar 4.4 diatas bertujuan untuk menjaga kestabilan dari tegangan yang berasal dari rangkaian pengubah arus ke tegangan ( $V_{in}$ ) sebelum menjadi masukan bagi rangkaian penguat diferensial. Tegangan referensi dan penguatan ( $m$ ) yang diperlukan untuk menghasilkan pengkondisi sinyal seperti yang direncanakan adalah:

$$V_{out} = m(V_{ref} - V1) \quad (4.6)$$

Untuk mendapatkan nilai penguatan  $m$  maka:

$$V_{out \min} = m(V_{ref} - V1_{\max}) \quad (4.7)$$

$$V_{out \max} = m(V_{ref} - V1_{\min}) \quad (4.8)$$

Dengan melakukan eliminasi dari persamaan 4.7 dan 4.8 maka:

$$V_{out \min} - V_{out \max} = -mV1_{\max} + mV1_{\min} \quad (4.9)$$

Dengan memasukkan  $V_{out \min} = 0 \text{ V}$ ,  $V_{out \max} = 2,56 \text{ V}$ ,  $V1_{\min} = 1,903 \text{ V}$  dan  $V1_{\max} = 2,480 \text{ V}$  maka nilai  $m$  dapat dicari sebagai berikut:

$$0 - 2,56 = m(1,903 - 2,480)$$

$$m = \frac{2,56}{0,577}$$

$$m = 4,437 \cong 4,3$$

Penguatan ( $m$ ) sebesar 4,3 kali dirancang dengan menentukan nilai  $R = 10 \text{ k}\Omega$  dan nilai  $mR = 43 \text{ k}\Omega$  (menggunakan resistor  $10 \text{ k}\Omega$  dan  $33 \text{ k}\Omega$  yang disusun seri ).

Untuk mendapatkan  $V_{ref} = 2,48 \text{ V}$  dapat dilakukan dengan cara menyusun 2 buah resistor secara seri, dimana dengan memisalkan resistor yang terhubung dengan  $V_{cc}$  dinamakan  $R_1$  dan resistor yang terhubung dengan  $ground$  dinamakan  $R_2$ . Dengan menentukan nilai  $R_2 = 100 \Omega$  maka nilai  $R_1$  dapat dicari dengan persamaan berikut ini:

$$V_{ref} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{cc} \quad (4.10)$$

$$248 + 2,48R_1 = 100 \times 5$$

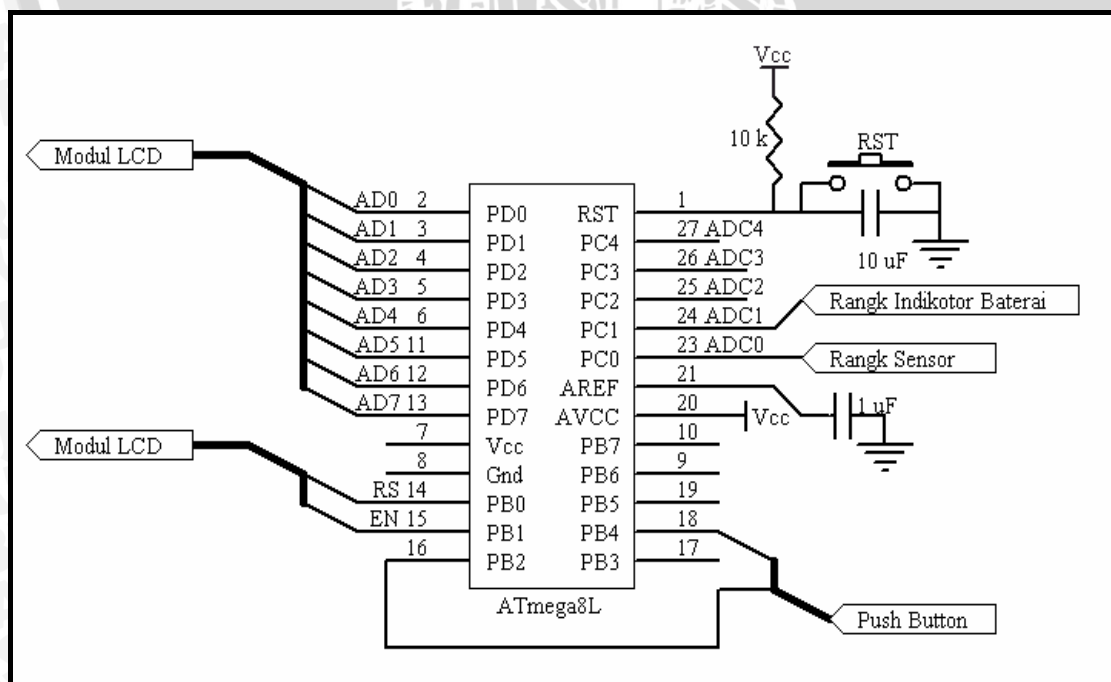
$$R_1 = \frac{500 - 248}{2,48}$$

$$= 101,61 \Omega \cong 100 \Omega$$

### 4.3.3 Perancangan Mikrokontroler ATmega8L

#### 4.3.3.1 Perancangan Sistem Mikrokontroler ATmega8L

Sistem mikrokontroler ATmega8L berfungsi sebagai pengatur aliran data dan sinyal-sinyal kontrol dengan memanfaatkan *port-port* yang telah tersedia. Dua buah peripheral penting yang dipakai pada perancangan alat ini adalah ADC dan EEPROM yang ada pada ATmega8L. Gambar 4.5 menunjukkan sistem rangkaian mikrokontroler ATmega8L yang akan diantarmukakan dengan rangkaian sensor, rangkaian indikator baterai, modul LCD dan peripheral pendukung yang berupa tiga buah tombol *push button*.



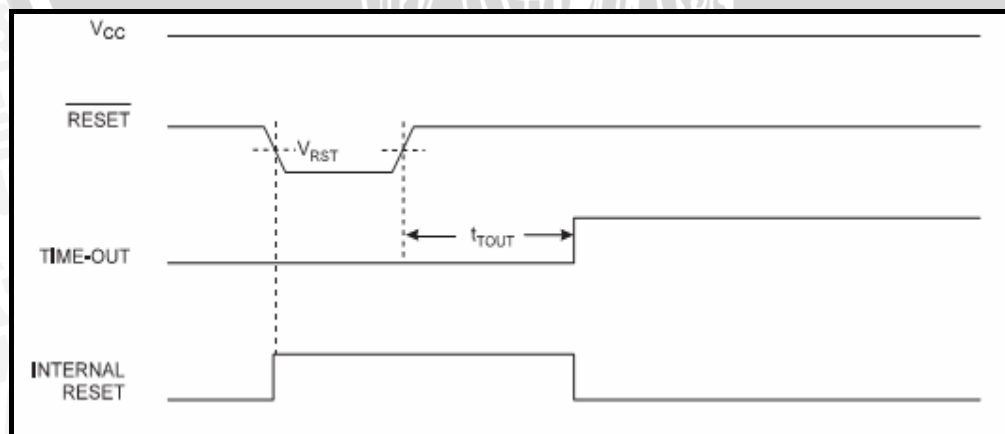
Gambar 4.5 Rangkaian Sistem Mikrokontroler ATmega8L

Untuk memanfaatkan periperhal ADC pada ATmega8L maka sistem mikrokontroler ATmega8L ini perlu dihubungkan dengan sebuah kapasitor sebesar  $1 \mu F$  pada kaki 21 pin AREF serta pin AVCC dengan Vcc. Dalam perancangan alat ini Kami memanfaatkan kristal internal sebesar 1 MHz serta tegangan referensi internal sebesar 2,56 V sebagai tegangan referensi ADC. Dalam sistem mikrokontroler ini direncanakan penggunaan *port* yang tersedia sebagai berikut:

1. *Port* D sebagai jalur data untuk modul LCD  $2 \times 16$ .
2. *Port* B0 dan B1 sebagai jalur kontrol modul LCD  $2 \times 16$ .
3. *Port* B2 dan B4 sebagai jalur masukan untuk 2 tombol *pushbutton*.
4. *Port* C0 (ADC0) sebagai jalur masukan dari rangkaian pengkondisi sinyal (sensor).
5. *Port* C1(ADC1) sebagai jalur masukan dari rangkaian indikator baterai.

#### 4.3.3.2 Perancangan Rangkaian Reset

Rangkaian reset diperlukan untuk mereset mikrokontroler secara otomatis setiap kali catu daya dinyalakan atau pada saat tombol *pushbutton* ditekan, hal ini akan mereset program *counter* sehingga perintah program dieksekusi dimulai pada alamat awal. Ketika catu daya diaktifkan atau pada saat tombol *pushbutton* ditekan, rangkaian reset menahan logika rendah pada pin reset dengan jangka waktu yang ditentukan oleh lamanya pengisian muatan C yaitu membutuhkan waktu  $t_{TOUT}$  pada saat tegangan pada Vcc mencapai tegangan  $V_{POT}$  (*Voltage Power On Threshold*). Tegangan logika rendah pada pin reset antara  $-0,5 - 0,2V_{cc}$ . Timing diagram sinyal reset ditunjukkan seperti pada Gambar 4.6.



**Gambar 4.6** Timing Diagram Sinyal Reset

Sumber : ATmega8L, 2004 : 40

Rangkaian reset dibentuk dengan rangkaian RC dan sebuah tombol *pushbutton* seperti

terlihat pada Gambar 4.5 Dari rangkaian tersebut dan data dari *timing* diagram dapat diperoleh :

$$V_o = \frac{1}{R_1 + \frac{1}{sC_1}} V_i \quad (4.11)$$

$$V_o = \frac{1}{sR_1C_1 + 1} V_i$$

Dengan tegangan  $V_i$  adalah  $V_{POT}$  (*Voltage Power On Threshold*) sebesar 2,3 V dalam fungsi Laplace menjadi  $\frac{2,3}{s}$  sehingga persamaan 4.11 menjadi :

$$V_o = \frac{2,3}{s} \cdot \frac{1}{sR_1C_1 + 1}$$

$$V_o = 2,3 \frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)}$$

$$\mathcal{L}^{-1}[V_o] = 2,3 \mathcal{L}^{-1} \left[ \frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} \right] \quad (4.12)$$

Untuk persamaan  $\left[ \frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} \right]$  pada ruas kanan Persamaan 4.12 dapat dipecah menjadi :

$$\frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} = \frac{X_1}{s} + \frac{X_2}{sR_1C_1 + 1} \quad (4.13)$$

dimana:

$$X_1 = \left[ \frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} \cdot s \right]_{s=0} = 1 \quad (4.14)$$

$$X_2 = \left[ \frac{1}{s(sR_1C_1 + 1)} \cdot (sR_1C_1 + 1) \right]_{s=-\frac{1}{R_1C_1}} = -R_1C_1 \quad (4.15)$$

Substitusi (4.14) dan (4.15) ke (4.12) menghasilkan :

$$\mathcal{L}^{-1}[V_o] = 2,3 \mathcal{L}^{-1} \left[ \frac{1}{s} - \frac{R_1C_1}{sR_1C_1 + 1} \right]$$

$$\mathcal{L}^{-1}[V_o] = 2,3\mathcal{L}^{-1}\left[\frac{1}{s} - \frac{1}{s + \frac{1}{R_1C_1}}\right]$$

$$V_o = 2,3(1 - e^{-\frac{t}{R_1C_1}})$$

$$\frac{V_o}{2,3} = 1 - e^{-\frac{t}{R_1C_1}} \Leftrightarrow 1 - \frac{V_o}{2,3} = e^{-\frac{t}{R_1C_1}}$$

$$\ln\left(1 - \frac{V_o}{2,3}\right) = \frac{-t}{R_1C_1}$$

$$t = -R_1C_1 \ln\left(1 - \frac{V_o}{2,3}\right)$$

Dimana  $V_o$  adalah tegangan logika rendah pada pin reset maksimal sebesar  $0,2V_{cc}$  maka  $V_o = 0,2 \times 5 = 1 \text{ V}$ .

$$t = -R_1C_1 \ln\left(1 - \frac{1}{2,3}\right)$$

$$t = 0,571 R_1C_1$$

Dengan menggunakan  $R_1$  sebesar  $10 \text{ k}\Omega$  dan  $t$  sebesar  $65 \text{ ms}$  maka :

$$65 \times 10^{-3} = 0,571 \times 10 \cdot 10^3 \times C_1$$

$$C_1 = 11,38 \mu\text{F}$$

Berdasarkan nilai yang terdapat dipasaran maka  $C_1$  dipilih dengan menggunakan kapasitor dengan nilai  $10 \mu\text{F}$ .

#### 4.3.3.3 Perancangan Analog to Digital Converter (ADC)

ADC adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog menjadi data digital. Pada mikrokontroler ATmega8L ini terdapat ADC dengan resolusi 10 bit yang mampu mengkonversi data selama  $13 - 260 \mu\text{s}$ . Tegangan referensi yang terdapat pada ADC ini dapat dipilih dari tegangan internal atau eksternal. Pada perancangan ini tegangan referensi yang digunakan ialah tegangan internal sebesar  $2.56 \text{ volt}$ . Masukan pada ADC ini terdapat 6 buah *channel* yang termultipleks, namun dalam perancangan ini hanya digunakan 2 buah *channel*, dimana ADC0 sebagai masukan dari rangkaian pengkondisi sinyal sensor sedangkan ADC1 sebagai masukan dari rangkaian indikator baterai. Resolusi ADC ATmega8L 10 bit dicari dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{resolusi ADC} &= V_{ref} \cdot 2^{-n} \\ &= 2.56 \times 2^{-10} \\ &= 2.5 \text{ mV} \end{aligned} \quad (4.16)$$

Frekuensi kerja ADC tergantung dari frekuensi mesin pada mikrokontroler yang mana frekuensi ADC dapat dipilih dengan konfigurasi CLK/2, CLK/4, CLK/8, CLK/16, CLK/32, CLK/64 dan CLK/128. Dalam perancangan ini frekuensi kerja mikrokontroler sebesar 1 MHz dan konfigurasi ADC yang digunakan sebesar CK/8 yaitu 0,125 MHz. Untuk melakukan konversi diperlukan 13 *clock* dan *channel* yang digunakan sebanyak 2 buah sehingga frekuensi sampling maksimum yang dapat dioperasikan pada masing – masing *channel* sebesar :

$$f_{\text{sampling}} = \frac{\text{frekuensi ADC}}{2 \times 13} \quad (4.17)$$

$$= \frac{125\,000 \text{ Hz}}{2 \times 13}$$

$$= 4,808 \text{ kHz}$$

Hasil konversi data yang tersimpan pada *ADC Data Register* 10 bit diperoleh dengan perhitungan :

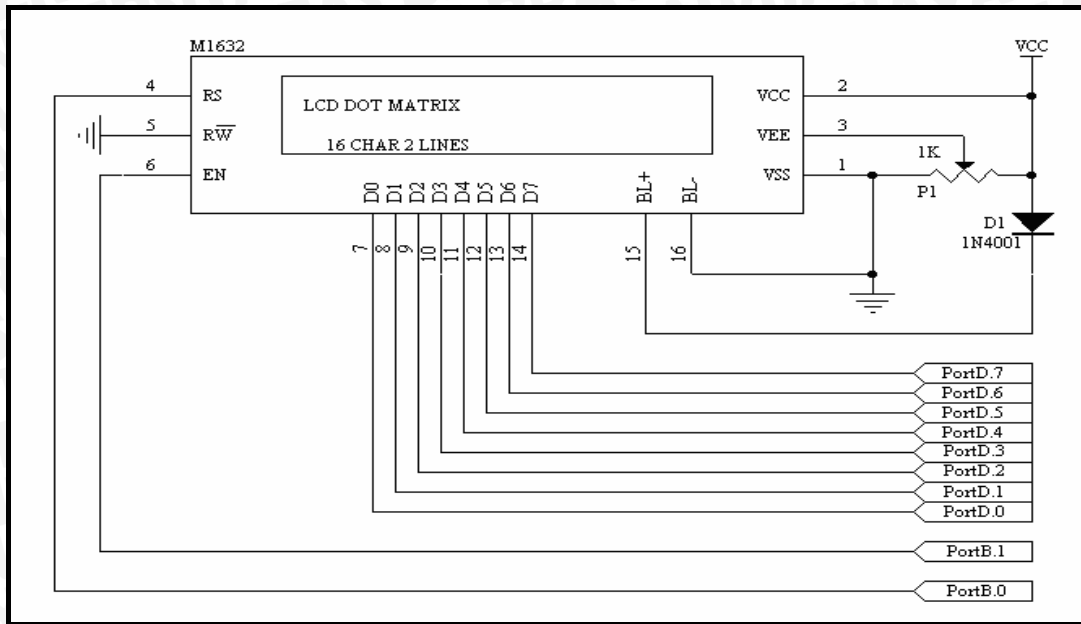
$$\text{ADC Data Register} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} \times 2^{10} \quad (4.18)$$

$$= \frac{V_{in}}{2,56} \times 1024$$

#### 4.3.4 Perancangan Rangkaian Antarmuka Modul LCD

Sebagai unit masukan dan keluaran sistem mikrokontroler, port B digunakan sebagai jalur data bagi modul penampil LCD 2×16. Sedangkan sebagai sinyal-sinyal kontrol untuk modul LCD, 2 buah pin dari port D yaitu port D6 dan port D7 masing-masing dimanfaatkan sebagai jalur kontrol RS dan EN, sedangkan kontrol R/W pada LCD diberi kondisi logika nol karena LCD hanya dioperasikan untuk proses menulis saja. Dengan mengubah nilai Vee menggunakan potensiometer P1 akan diperoleh tingkat kecerahan yang berbeda pada tampilan LCD. Dioda D1 dipasang antara Vcc dan terminal BL+ untuk mencatu lampu latar tampilan LCD pada tegangan 4,3 V. Rangkaian antarmuka modul LCD 2×16 ditunjukkan seperti pada Gambar 4.7.





Gambar 4.7 Rangkaian Antarmuka Modul LCD 2×16

#### 4.3.5 Perancangan Rangkaian Indikator Baterai

Alat ini menggunakan 8 buah baterai AA sanyo *rechargeable* yang dilengkapi rangkaian *recharger* sehingga alat ini bisa digunakan dengan dua jenis *power supply* yaitu dari jala-jala PLN atau dari 8 buah baterai yang disusun seri. Masing-masing baterai memiliki tegangan minimum sebesar 1,2 V dan tegangan maksimum sebesar 1,4 V, sehingga tegangan total minimal baterai sebesar  $8 \times 1,2 \text{ V} = 9,6 \text{ V}$  dan tegangan total maksimum baterai sebesar  $8 \times 1,4 \text{ V} = 11,2 \text{ V}$ . Informasi tentang kondisi baterai akan ditampilkan pada LCD dalam dua bentuk, yaitu range 0 % - 100% dan *warning*/peringatan kondisi baterai. Apabila tegangan total baterai sebesar 10,1375 V - 10,2 V (Indikator baterai = 15 % - 20 %) maka alat akan memberikan peringatan “Low Baterai!”. Alat secara otomatis tidak dapat digunakan untuk mengukur kadar air biji kopi pada saat tegangan total baterai  $< 10,1375 \text{ V}$  (Indikator baterai  $< 15\%$ ). Untuk mendapatkan informasi adanya perubahan tegangan pada baterai maka dirancang rangkaian seperti pada Gambar 4.8 yang dihubungkan dengan ADC pada ATmega8L, yaitu pada ADC1 portC.1. Rangkaian indikator harus mampu mengubah tegangan total maksimum baterai pada tegangan  $\leq 2,56 \text{ V}$  (tegangan referensi ADC), sehingga apabila

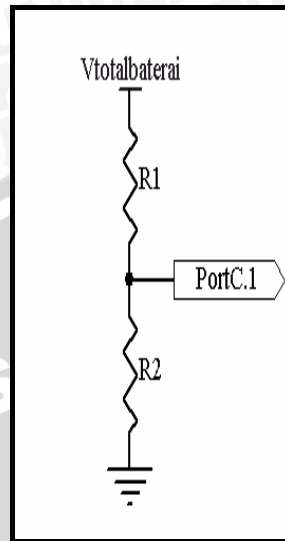
$$V_{\text{PortC.1}} = \frac{R2}{R1 + R2} V_{\text{total baterai}} \quad \text{dan } R1 = nR2 \text{ maka nilai } n \text{ dapat dicari dengan persamaan:}$$

$$V_{\text{PortC.1}} = \frac{R2}{nR2 + R2} V_{\text{total baterai}} \quad (4.19)$$

$$2,56 \text{ n}R2 + 2,56 \text{ R}2 = 11,2 \text{ R}2$$

$$n = \frac{(11,2 - 2,56) R2}{2,56 R2}$$

$$n = 3,375 \approx 4$$



**Gambar 4.8** Rangkaian Indikator Baterai

Dengan nilai  $n = 4$  maka  $R_1 = 4R_2$  sehingga rangkaian pada Gambar 4.8 diatas akan memberikan tegangan pada ADC1 sebesar seperlima dari tegangan total baterai, dengan menentukan  $R_2 = 75\Omega$  maka  $R_1 = 300\Omega$ . Apabila tegangan total baterai sebesar 11,2 V (tegangan maksimum) maka tegangan yang diberikan pada ADC1 sebesar 2,24 V dan apabila tegangan total baterai sebesar 9,6 V (tegangan minimal baterai) maka tegangan yang diberikan pada ADC1 sebesar 1,92 V. Meskipun perubahan tegangan total dari baterai berkisar antara 1,92 V – 2,24 V, program yang dibuat nantinya akan mengambil range 1,99 V - 2,24 V untuk dikonversi menjadi nilai 0 % - 100% pada LCD  $2 \times 16$  dengan bantuan ADC pada ATmega8L.

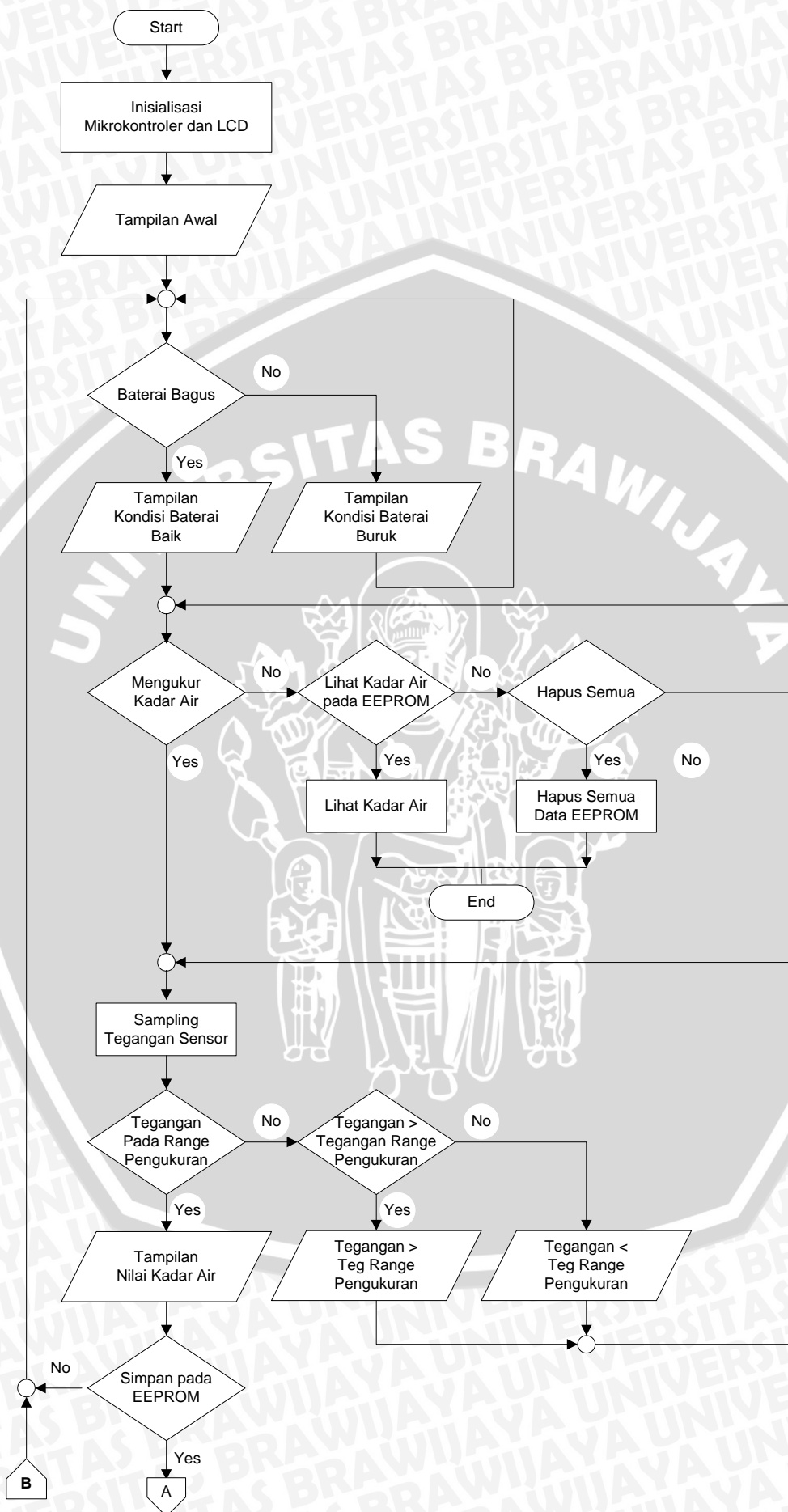
#### 4.4 Perancangan Perangkat Lunak

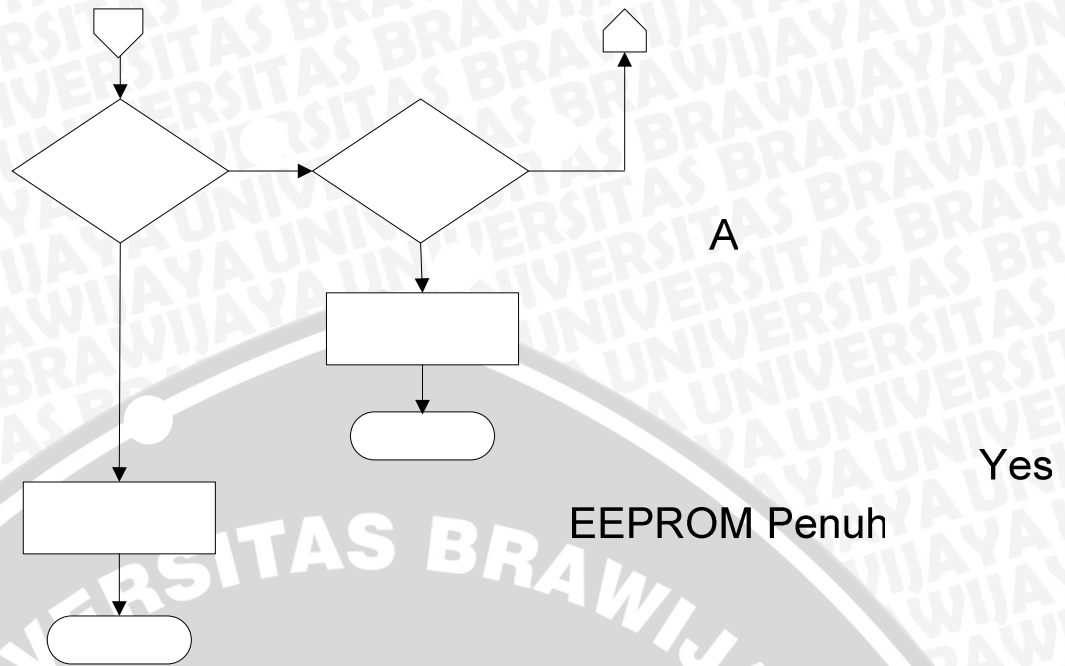
Perangkat lunak dengan bahasa *assembly* yang dirancang untuk mikrokontroler ATmega8L harus mampu memanfaatkan fasilitas ADC, EEPROM dan *Register Data* serta mampu melakukan operasi aritmatika, logika dan transfer data. ADC akan digunakan untuk mengolah data dari rangkaian sensor (rangkaiannya pengkondisi sinyal) dan rangkaian indikator baterai. EEPROM akan digunakan untuk menyimpan nilai kadar air jika diinginkan oleh pemakai. Pemanfaatan *register data* dengan tepat dimaksudkan agar program yang kita buat dapat berfungsi dengan baik dan mudah dilakukan analisis. Selain itu program harus mampu membaca input berupa 3 buah tombol *pushbutton*, yaitu 1 buah tombol (warna merah) untuk reset, 1 buah tombol

kuning berfungsi sebagai operasi pemilih/*no* dan 1 buah tombol hijau untuk operasi *enter/yes*. Output dari program yang berupa nilai kadar air biji kopi dan operasi yang melibatkan EEPROM serta informasi kondisi baterai ditampilkan pada LCD.

#### 4.4.1 Perangkat Lunak Program Utama

Gambar 4.9 menunjukkan *flowchart* dari program utama. Dalam program utama yang pertama kali dilakukan adalah inisialisasi mikrokontroler dan LCD. Tampilan awal LCD berupa nama alat dan identitas penulis yang ditampilkan dalam waktu beberapa detik kemudian dilanjutkan pengecekan kondisi baterai. Kondisi baterai pada awalnya diolah untuk mengetahui aman tidaknya baterai untuk melakukan pengukuran kadar air biji kopi. Apabila kondisi baterai berada pada range 15 % - 20% maka program akan menampilkan peringatan “Low Baterai!” dan apabila kondisi baterai  $< 15\%$  maka alat secara otomatis tidak dapat digunakan dan LCD akan menampilkan peringatan “Silahkan Recharge Baterai”. Apabila kondisi baterai aman (pada range  $\geq 15\%$ ), maka pemakai dapat memilih 3 macam pilihan yang dapat dilakukan, yaitu: melakukan pengukuran kadar air, melihat nilai kadar air yang telah tersimpan pada EEPROM atau menghapus seluruh nilai kadar air yang telah tersimpan pada EEPROM. Program akan menjalankan subrutin sampling tegangan sensor melalui PortC.0 (ADC0) apabila pemakai memilih “mengukur kadar air”. Setelah melakukan sampling tegangan sensor maka program akan melakukan pengecekan apakah tegangan yang telah disampling berada pada range pengukuran atau tidak. Apabila tegangan sensor berada pada range pengukuran maka program akan menampilkan nilai kadar air biji kopi yang sedang kita ukur, apabila tegangan sensor berada di luar range pengukuran maka program akan mendeteksi apakah tegangan lebih besar atau lebih kecil dari range tegangan pengukuran serta menampilkan hasilnya pada LCD. Nilai kadar air yang telah terukur dapat dilakukan proses penyimpanan pada EEPROM dengan cara menekan tombol *push button* yang telah disediakan. Sebelum melakukan penyimpanan pada EEPROM maka program akan mengecek apakah EEPROM telah penuh (menyimpan 20 nilai kadar air). Apabila EEPROM belum penuh maka nilai kadar air akan disimpan pada alamat yang semakin membesar. Dua buah pilihan dapat dipilih oleh pemakai apabila EEPROM telah penuh, yaitu menghapus seluruh data pada EEPROM atau kembali melakukan pengukuran kadar air.



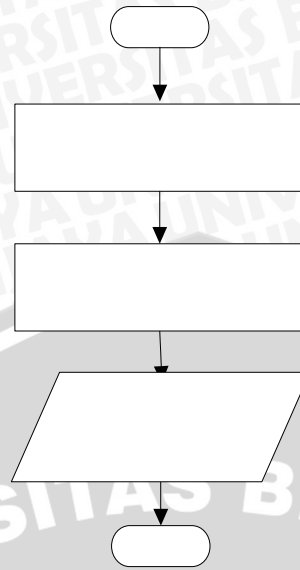


Gambar 4.9 Flowchart Program Utama

#### 4.4.2 Perangakat Lunak Indikator Baterai

Rangkaian indikator baterai seperti pada Gambar 4.8 akan memberikan tegangan masukan pada ADC1 sebesar seperlima dari tegangan total baterai. Dalam perangkat lunak indikator baterai terdapat subrutin persen indikator baterai dengan proses sebagai berikut: Periperal ADC dengan resolusi 2,5 mV akan melakukan sampling tegangan pada PortC.1 (ADC1) menjadi data digital serta menyimpan nilainya pada *register* ADCL dan ADCH (10 bit). Data pada ADCL dan ADCH kemudian dilakukan proses pengurangan dengan konstanta 802 desimal (322 heksa), persentase konstanta 802 desimal diperoleh dari hasil pengujian sebagai berikut: Tegangan baterai berkisar 1990 mV – 2240 mV yang akan memberikan hasil konversi pada ADCL dan ADCH sebesar 802 desimal – 902 desimal (menurut hasil pengujian, sedangkan menurut hasil perhitungan akan memberikan nilai sebesar 796 desimal – 896 desimal). Dengan menjadikan hasil pengujian sebagai referensi maka indikator baterai dengan range 0 % - 100 % dapat diperoleh dengan cara mengurangi data hasil konversi pada ADCL dan ADCH dengan sebuah konstanta sebesar 802 desimal. *Flowchat* subrutin persen indikator baterai seperti terlihat pada Gambar 4.10.





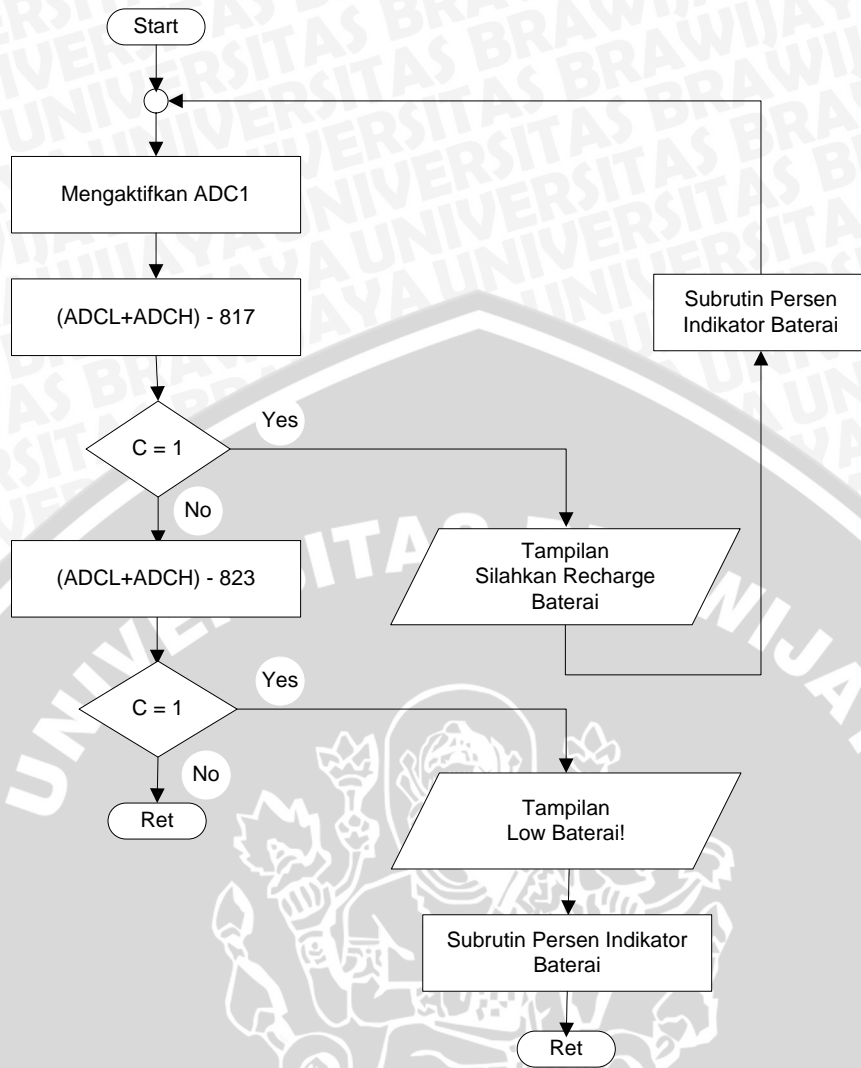
**Gambar 4.10** Flowchat Subrutin Persen Indikator Baterai

Gambar 4.11 menunjukkan *flowchat* dari perangkat lunak indikator baterai. Data yang diperoleh dari proses ini kemudian ditampilkan pada LCD dalam bentuk tulisan/peringatan dan dalam satuan persen. Indikator dalam bentuk peringatan akan menampilkan karakter “Low Baterai!” apabila tegangan total baterai sebesar 10,1375 V - 10,2 V (Indikator baterai = 15 % - 20 % / Nilai ADCL + ADCH = 817 - 823) dan karakter “Silahkan Recharge Baterai” apabila tegangan total baterai <10,1375 V (Indikator baterai <15% / Nilai ADCL + ADCH < 817). Indikator dalam satuan persen akan ditampilkan pada alamat 0XCC – 0XCF dari LCD yang mewakili tegangan total baterai pada range 1990 mV – 2240 mV. Informasi kondisi baterai dalam bentuk tulisan hanya akan ditampilkan pada saat tertentu saja seperti yang ditunjukkan dalam *flowchat* program utama pada Gambar 4.9, sedangkan informasi dalam satuan persen akan ditampilkan secara terus menerus setelah program menjalankan subrutin menampilkan tampilan awal.

Menga

(ADCL

Pers



Gambar 4.11 Flowchat Perangkat Lunak Indikator Baterai

#### 4.4.3 Perangkat Lunak Mengakses EEPROM

Setelah program menjalankan perangkat lunak indikator baterai maka program akan menjalankan subrutin sampling tegangan sensor atau perangkat lunak mengakses EEPROM sesuai dengan pilihan yang telah diputuskan pemakai. Perangkat lunak mengakses EEPROM dimulai dengan 2 buah pilihan yang dapat diambil oleh pemakai, yaitu melihat nilai kadar air dan menghapus seluruh data pada EEPROM. Nilai kadar air yang telah tersimpan pada EEPROM dapat dilihat mulai alamat terendah (mulai nilai kadar air yang paling awal disimpan pada EEPROM) menuju ke alamat tertinggi dengan cara menekan tombol *enter/yes* yang berwarna hijau. Apabila pemakai memilih menghapus seluruh data pada EEPROM maka seluruh data akan terhapus setelah menekan tombol *enter/yes*. Dengan cara menekan tombol pemilih berulang kali tanpa menekan tombol *enter* maka LCD akan menampilkan 3 buah pilihan secara bergantian,

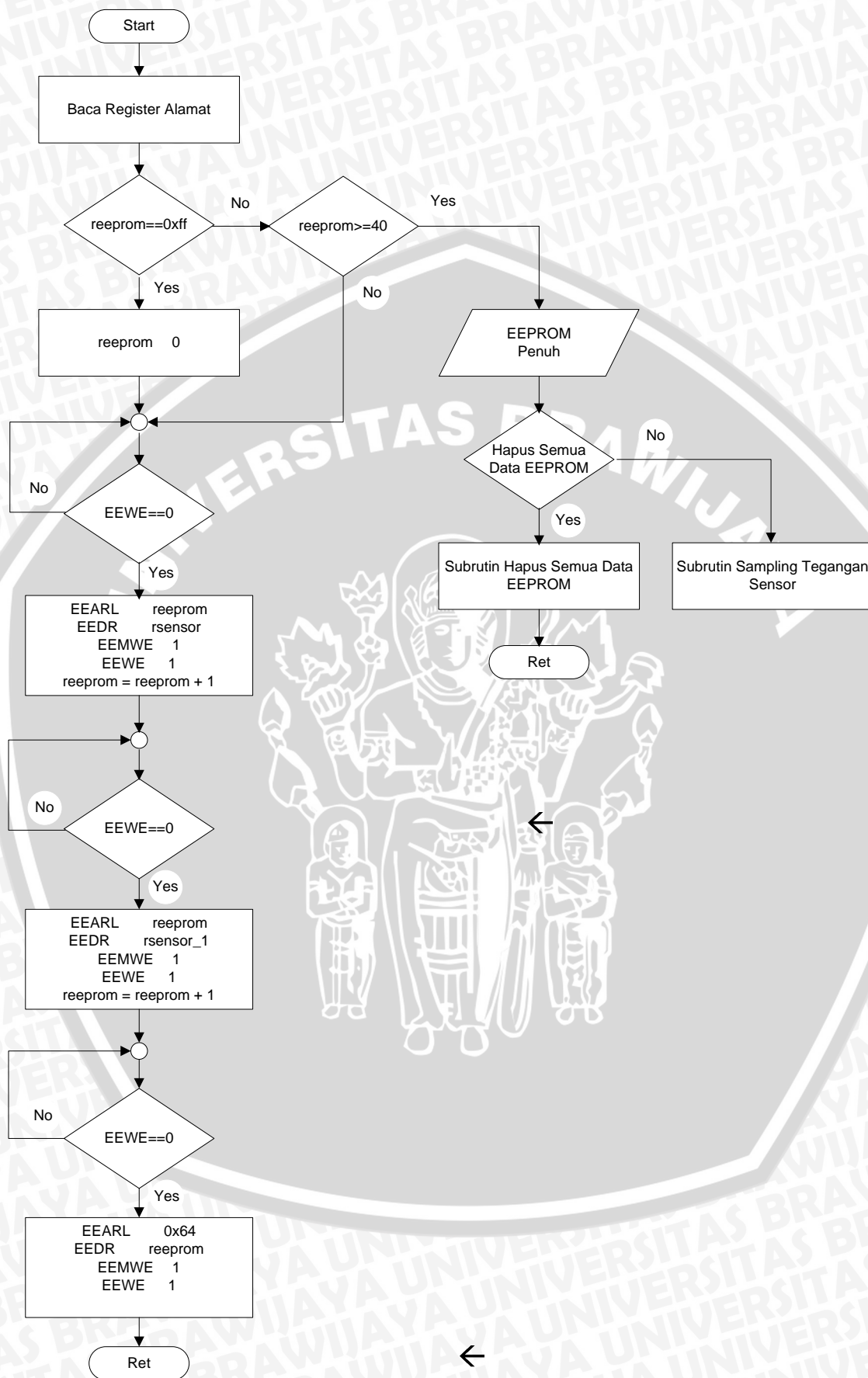
yaitu: mengukur kadar air, melihat nilai kadar air dan menghapus semua nilai kadar air yang telah tersimpan pada EEPROM.

Perangkat lunak mengakses EEPROM terdiri dari 3 buah subrutin, yaitu subrutin menyimpan nilai kadar air, subrutin melihat nilai kadar air dan subrutin menghapus nilai kadar air. Subrutin menyimpan nilai kadar air dimulai dengan cara memastikan bahwa EEPROM belum penuh. Apabila EEPROM penuh maka program akan memberikan pilihan kepada pemakai untuk melakukan penghapusan nilai kadar air pada EEPROM atau kembali melakukan pengukuran kadar air. Setiap nilai kadar air yang akan disimpan pada EEPROM membutuhkan kapasitas 2 *byte* sehingga penulisan data ke EEPROM dilakukan dengan 2 tahap. Tahap pertama yaitu dengan menuliskan data yang berasal dari ADCL (yang telah dikopikan ke *register rsensor*) yang kemudian dilanjutkan dengan menuliskan data yang berasal dari ADCH (yang telah dikopikan ke *register rsensor\_1*). *Flowchart* subrutin menyimpan nilai kadar air seperti terlihat pada Gambar 4.12.

Subrutin melihat nilai kadar air dimulai dengan cara mengkopikan alamat tertinggi yang dapat digunakan untuk menyimpan nilai kadar air ke sebuah *register* khusus (*raddress*). Apabila ada nilai kadar air yang tersimpan pada EEPROM maka program akan membaca nilai tersebut mulai alamat terendah. Apabila pemakai tetap menjalankan subrutin ini setelah melihat kadar air pada alamat tertinggi maka secara otomatis program akan mengulang untuk menampilkan kadar air mulai alamat terendah. *Flowchart* subrutin melihat nilai kadar air seperti terlihat pada Gambar 4.13.

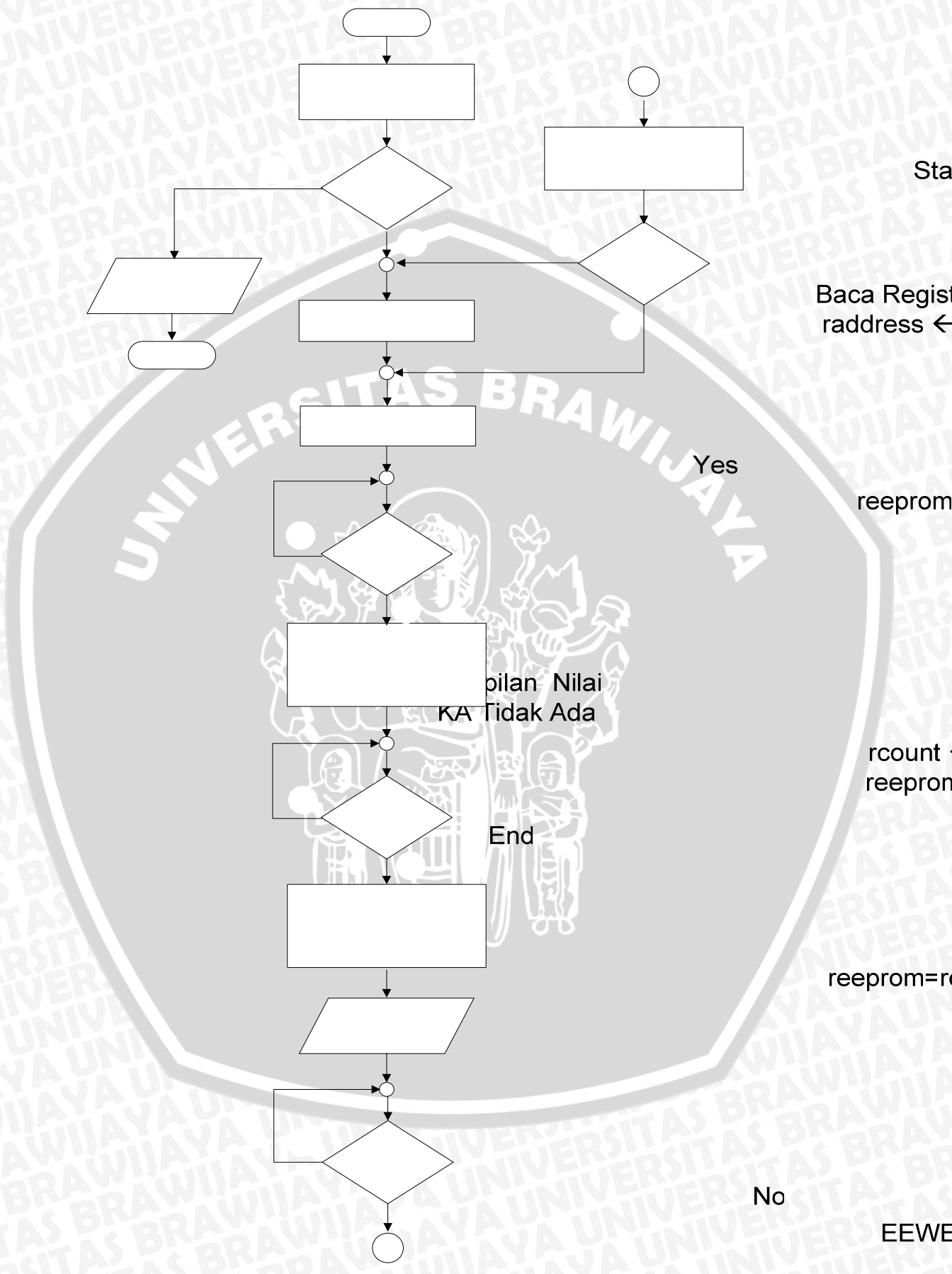
Subrutin menghapus nilai kadar air dimulai dengan cara mengkopikan alamat tertinggi yang dapat digunakan untuk menyimpan nilai kadar air ke sebuah *register* khusus (*raddress*). Penghapusan nilai kadar air dimulai dari alamat paling rendah menuju ke alamat yang telah tersimpan pada *register* khusus dengan cara menuliskan data 0xff ke *register* yang bersangkutan. Akhir dari proses penghapusan yaitu dengan cara menuliskan data 0xff ke EEPROM, yaitu pada alamat 0x64. EEPROM pada alamat 0x64 merupakan sebuah memori 1 *byte* yang digunakan untuk menyimpan alamat dalam proses mengakses EEPROM. *Flowchart* subrutin menghapus nilai kadar air seperti terlihat pada Gambar 4.14.





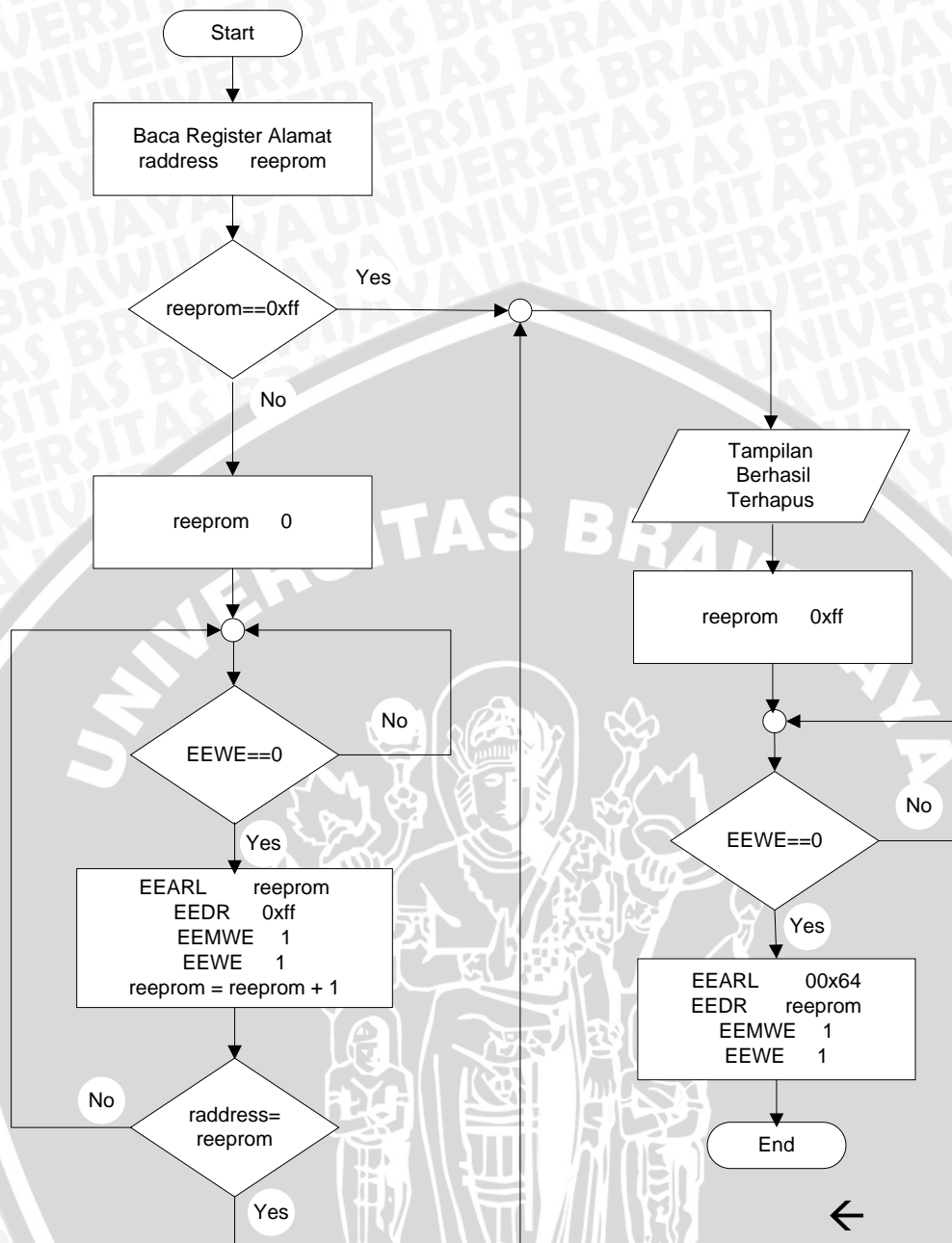
Gambar 4.12 Flowchat Subrutin Menyimpan Nilai Kadar Air





Gambar 4.13 Flowchat Subrutin Melihat Nilai Kadar Air



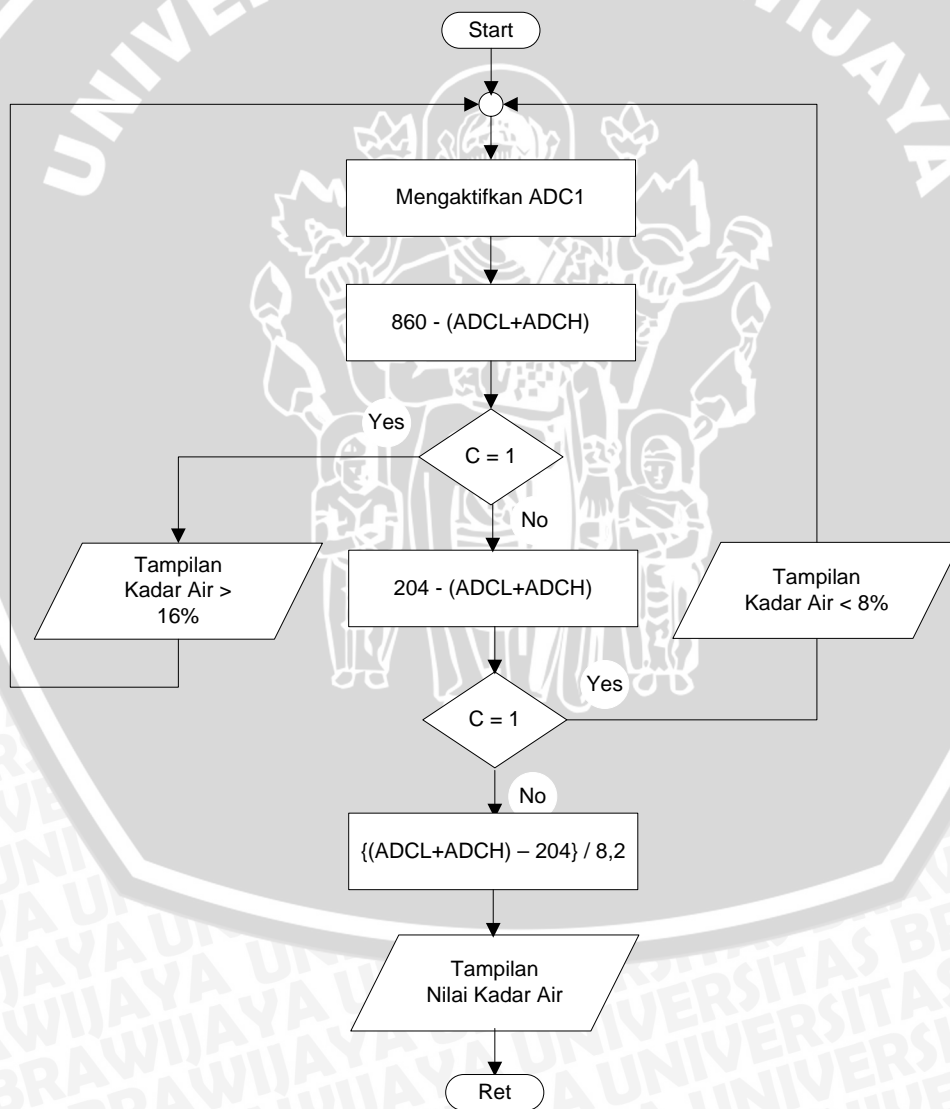


Gambar 4.14 Flowchat Subrutin Menghapus Nilai Kadar Air

#### 4.4.4 Perangkat Lunak Subrutin Sampling Tegangan Sensor

ADC0 yang telah diinisialisasi menjadi pin dengan impedansi tinggi sehingga dapat berfungsi seperti rangkaian *buffer* yang akan menerima tegangan sensor yang berasal dari rangkaian pengkondisi sinyal. Periperhal ADC dengan resolusi 2,5 mV akan dimanfaatkan untuk mengubah besaran analog yang berupa tegangan 0 V - 2,56 V dari rangkaian pengkondisi sinyal menjadi data digital yang disimpan pada ADCL dan ADCH. Data pada *register* ADCL dan ADCH kemudian dikopikan ke *register* tertentu (*register* yang bernama *rsensor* dan *rsensor\_1*) sehingga *register* ADCL dan ADCH dapat digunakan untuk operasi yang lainnya. Data pada *rsensor* dan *rsensor\_1*

kemudian dibandingkan dengan data pada *register* pembanding range tegangan sensor untuk mendapatkan informasi apakah tegangan sesor yang telah disampling berada pada range pengukuran kadar air. Apabila data pada *rsensor* dan *rsensor\_1* dibandingkan dengan *register* pembanding sampling tegangan sensor menghasilkan informasi bahwa tegangan yang telah disampling berada diluar range tegangan pengukuran maka program akan menampilkan informasi pada LCD tentang hasil perbandingan ini. Apabila dari hasil perbandingan menghasilkan informasi bahwa tegangan yang telah disampling berada pada range pengukuran maka data akan diolah menjadi nilai kadar air dengan menggunakan persamaan tertentu sesuai dengan hasil kalibrasi yang dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. *Flowchart* subrutin sampling tegangan sensor seperti terlihat pada Gambar 4.15.



**Gambar 4.15** Flowchat Subrutin Sampling Tegangan Sensor

## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Tujuan pengujian dan analisis sistem adalah untuk mengetahui apakah sistem hasil rancangan telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dan analisis dilakukan dengan melakukan pengukuran pada tiap-tiap blok kemudian dilanjutkan dengan pengujian alat secara keseluruhan dengan bantuan instrumen dan *software* elektronika serta peralatan sebagai berikut:

1. Adaptor XINGMA 3 – 12 V dengan arus maksimal 1 A.
2. Baterai sanyo AA 2500 mAh *rechargeable*.
3. Multimeter digital UNI-T UT70A.
4. Multimeter YF-3120.
5. Minimum sistem AVR ATmega8L.
6. *Software* AVR Studio4 dan PonyProg2000.
7. Modul LCD 2×16 .
8. Tombol *pushbutton*.

Pengujian dan analisis dilakukan pada tiap-tiap blok maupun alat secara keseluruhan yang meliputi:

1. Pengujian rangkaian sensor dan pengubah arus ke tegangan.
2. Pengujian rangkaian pengkondisi sinyal.
3. Pengujian ADC pada AVR ATmega8L.
4. Pengujian EEPROM pada AVR ATmega8L.
5. Pengujian rangkaian antarmuka modul LCD.
6. Pengujian keseluruhan sistem.
7. Pengujian indikator baterai.

#### 5.1 PENGUJIAN RANGKAIAN SENSOR DAN PENGUBAH ARUS KE TEGANGAN

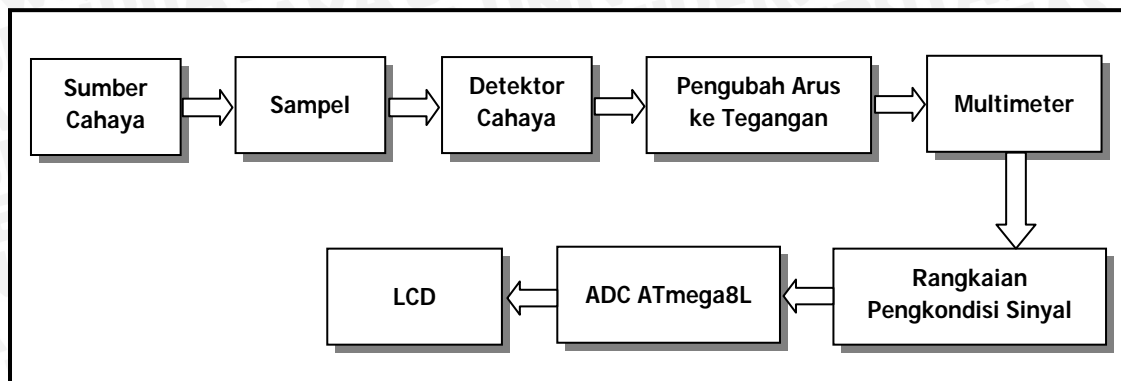
##### 5.1.1 Tujuan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi adanya perbedaan intensitas cahaya *near infrared* yang dipantulkan oleh sampel biji kopi yang memiliki kadar air yang berbeda-beda pada panjang gelombang 880 nm.

##### 5.1.2 Prosedur Pengujian

1. Mengatur blok rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.1.
2. Mengatur posisi saklar putar multimeter pada volt meter.

3. Menghidupkan catu daya.
4. Memasukkan sampel pada tempat sampel secara bergantian.
5. Mengamati dan mencatat kondisi keluaran yang ditampilkan pada multimeter dan LCD.



Gambar 5.1 Blok Diagram Pengujian Sensor dan Pengubah Arus ke Tegangan

### 5.1.3 Hasil Pengujian

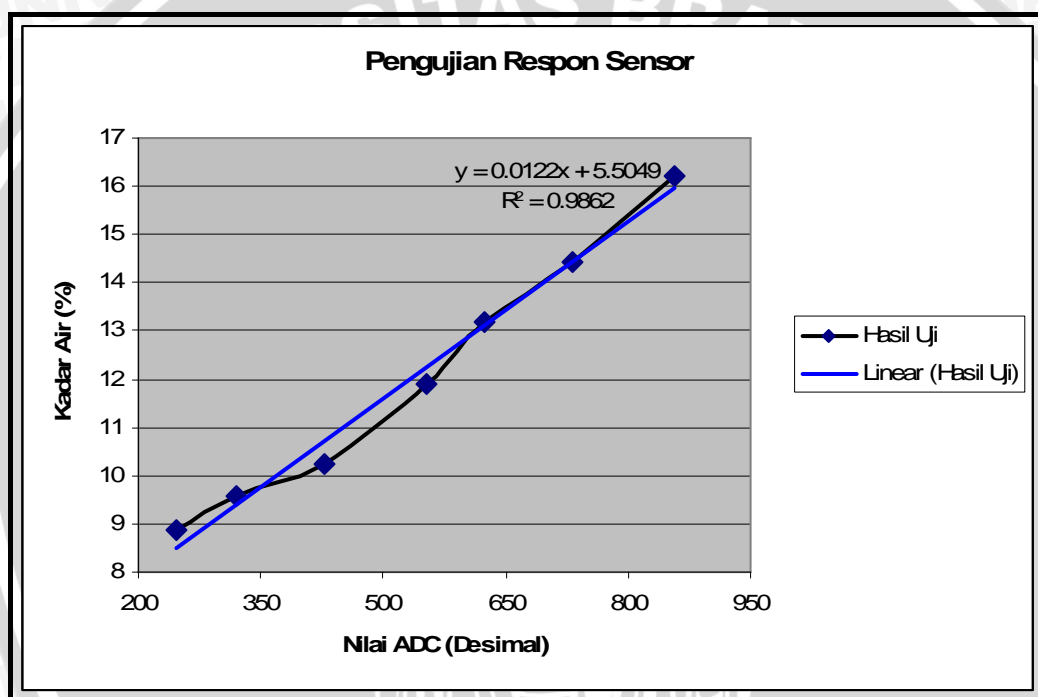
Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sampel pada tempat sampel kemudian disinari oleh sumber cahaya yang memiliki intensitas cahaya yang tetap sehingga dapat diketahui respon dari sensor. Dari hasil pengujian respon sensor didapatkan keluaran tegangan dari rangkaian pengubah arus ke tegangan serta nilai ADC dalam desimal yang ditampilkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Respon Sensor dengan Sampel Biji Kopi

Sampel	Keluaran Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan (V)	Rata-Rata Keluaran Rangkaian Pengubah Arus ke Tegangan (V)	Keluaran Nilai ADC (Desimal)	Rata-Rata Keluaran Nilai ADC (Desimal)	Kadar Air Biji Kopi (%)
1	2,02	1,998	826	856	16,22
	2,03		800		
	1,945		941		
2	2,04	2,070	776	731	14,41
	2,09		702		
	2,08		714		
3	2,13	2,133	619	624	13,19
	2,16		584		
	2,11		670		
4	2,20	2,173	508	553	11,89
	2,14		607		

	2,18		544		
5	2,21	2,243	478	427	10,22
	2,22		473		
	2,30		330		
6	2,32	2,307	302	319	9,58
	2,30		334		
	2,30		320		
7	2,32	2,350	288	247	8,86
	2,37		217		
	2,36		235		

#### 5.1.4 Analisis Data dan Kesimpulan



**Grafik 5.1** Grafik Pengujian Respon Sensor dengan Sampel Biji Kopi

Hasil pengujian respon sensor pada Tabel 5.1 dapat ditampilkan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Grafik 5.1. Dari grafik tersebut didapatkan bahwa hasil pengujian respon sensor yang diukur melalui rata-rata nilai ADC (desimal) terhadap kadar air biji kopi adalah mendekati linear dengan adanya korelasi yang saling berkaitan dengan  $R^2 = 0,9862$ .

## 5.2 PENGUJIAN RANGKAIAN PENGKONDISI SINYAL

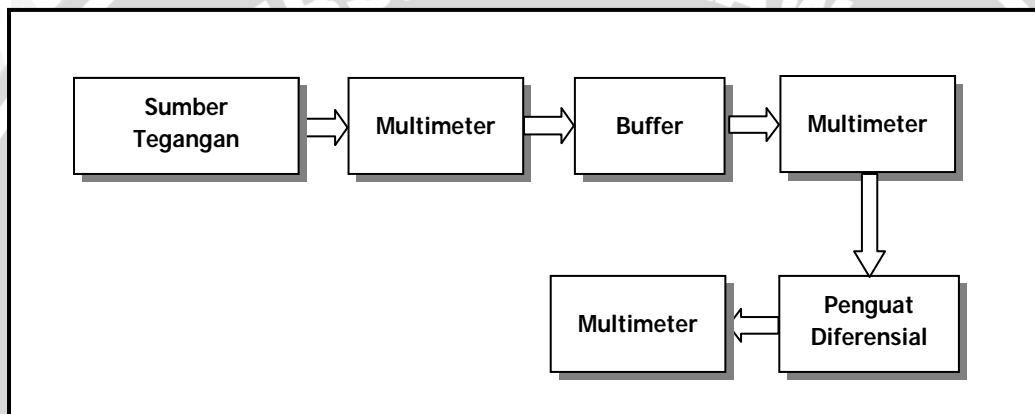
### 5.2.1 Tujuan

1. Mengetahui kemampuan rangkaian *buffer* sebagai rangkaian pengikut tegangan.

- Mengetahui kemampuan dari rangkaian pengkondisi sinyal dalam mengkondisikan masukan menjadi suatu keluaran yang berada pada range masukan bagi ADC.

### 5.2.2 Prosedur Pengujian

- Menyusun rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.2.
- Mengatur posisi saklar putar multimeter pada volt meter.
- Menghidupkan catu daya.
- Mengubah tegangan masukan dengan nilai meningkat.
- Mengamati dan mencatat kondisi masukan dan keluaran yang tertampil pada multimeter.



Gambar 5.2 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

### 5.2.3 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan merangkai rangkaian seperti pada Gambar 5.2. Hasil pengujian rangkaian pengkondisi sinyal ditampilkan pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Rangkaian *Buffer*

Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)		% Penyimpangan
	Hasil Pengujian	Hasil Perhitungan	
1,921	1,921	1,921	0
2,06	2,06	2,06	0
2,13	2,13	2,13	0
2,16	2,16	2,16	0
2,20	2,20	2,20	0
Penyimpangan rata-rata			0



Tabel 5.3 Hasil Pengujian Rangkaian Penguat Diferensial

Tegangan Masukan/Vin (V)	Tegangan Keluaran (V)		% Penyimpangan
	Hasil Pengujian	Hasil Perhitungan	
1,921	2,430	2,4897	2,398
2,06	1,849	1,892	2,273
2,13	1,523	1,591	4,274
2,16	1,415	1,462	3,215
2,20	1,248	1,290	3,256
Penyimpangan rata-rata			3,0832

### 5.2.4 Analisis Data dan Kesimpulan

Analisis dilakukan dengan menghitung prosentase penyimpangan hasil pengukuran terhadap hasil perhitungan pada rangkaian pengkondisi sinyal yang terdiri dari rangkaian *buffer* dan rangkaian diferensial dengan menggunakan Persamaan 5.1.

$$\% \text{ Penyimpangan} = \left| \frac{\text{pengujian} - \text{perhitungan}}{\text{perhitungan}} \right| \times 100\% \quad (5.1)$$

Sedangkan hasil perhitungan untuk rangkaian *buffer* dan rangkaian penguat diferensial dapat dicari, masing – masing dengan menggunakan Persamaan 5.2 dan 5.3 sebagai berikut:

$$\text{Hasil Perhitungan} = \text{Tegangan Masukan} \quad (5.2)$$

$$\text{Hasil Perhitungan} = m(V_{ref} - V_{in}); \text{ dengan } m = 4,3 \quad (5.3)$$

$$V_{ref} = 2,5 \text{ V}$$

Berdasarkan hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3 dapat disimpulkan bahwa dari 5 kali percobaan yang dilakukan, prosentase penyimpangan rangkaian *buffer* sebesar 0%. Pada rangkaian penguat differensial, prosentase penyimpangan terbesar adalah 4,274 % dan prosentase penyimpangan rata-rata adalah sebesar 3,0832 %.

Adanya penyimpangan antara lain disebabkan dalam pemilihan range pengukuran tegangan, yaitu pada range 2 V sehingga multimeter hanya dapat menampilkan 2 angka dibelakang koma serta toleransi dari resistor yang digunakan.

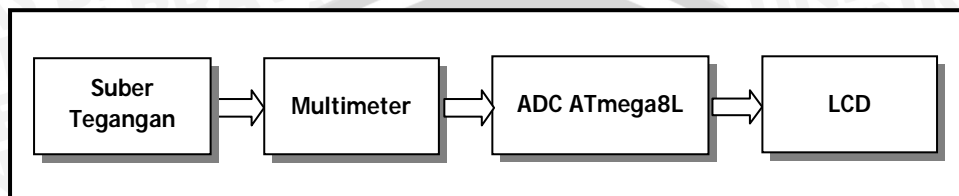
## 5.3 PENGUJIAN ADC PADA AVR ATmega8L

### 5.3.1. Tujuan

Pengujian ADC pada AVR ATmega8L bertujuan untuk mengetahui apakah ADC dapat bekerja dengan baik dan menguji keakuratan perubahan keluaran ADC terhadap tegangan masukan yang bervariasi pada pengoperasian kontinyu.

### 5.3.2. Prosedur Pengujian

1. Mengatur blok rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.3.
2. Mengatur posisi saklar putar multimeter pada volt meter.
3. Menghidupkan catu daya.
4. Mengubah tegangan masukan antara 0-2,56 V.
5. Mengamati dan mencatat kondisi keluaran ADC yang ditampilkan melalui LCD.



Gambar 5.3 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

### 5.3.3. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan merangkai rangkaian seperti pada Gambar 5.3. Hasil pengujian ADC pada AVR ATmega8L ditunjukkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian ADC pada AVR ATmega8L

Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (Desimal)		% Penyimpangan
	Hasil Pengujian	Hasil Perhitungan	
0,840	343	336	2,083
0,952	388	381	1,837
1,151	465	460	1,087
1,332	535	533	0,375
1,926	776	770	0,779
2,04	825	816	1,101
2,55	1023	1020	0,293
Penyimpangan rata-rata			1,079

### 5.3.4 Analisis Data dan Kesimpulan

Dari Tabel 5.4 dapat diketahui bahwa ADC Atmega8L mampu mengkonversi masukan analog antara 0 V sampai 2,56 V menjadi suatu data keluaran biner. Dari 7 kali percobaan yang dilakukan, prosentase penyimpangan terbesar adalah 2,083 % dan prosentase penyimpangan rata-rata adalah sebesar 1,079%. Nilai hasil perhitungan dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 5.4 berikut ini:

$$\text{Hasil Perhitungan} = \frac{\text{TeganganMasukan}}{2,5 \times 10^{-3}} \quad (5.4)$$

Analisis dilakukan dengan menghitung prosentase penyimpangan hasil pengujian terhadap hasil perhitungan pada ADC ATmega8L dengan menggunakan Persamaan 5.1.

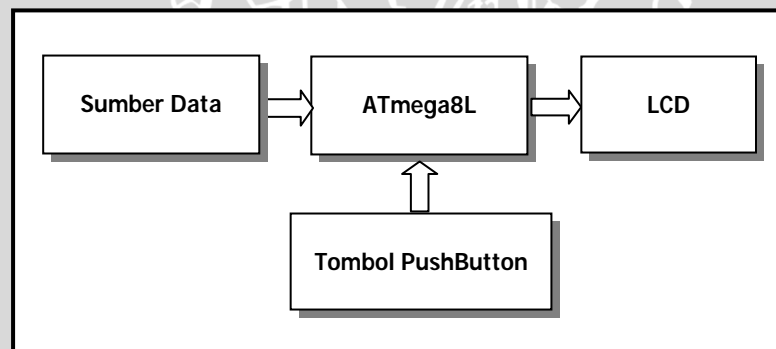
## 5.4 PENGUJIAN EEPROM PADA ATmega8L

### 5.4.1. Tujuan

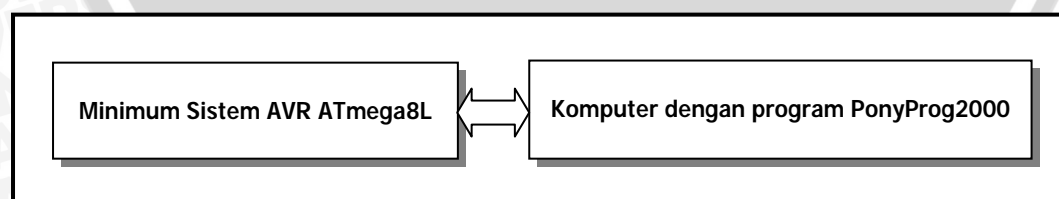
Pengujian EEPROM ATmega8L bertujuan untuk mengetahui kesesuaian data yang telah dimasukkan/disimpan pada alamat-alamat memori .

### 5.4.2. Prosedur Pengujian

1. Mengatur blok rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.4.
2. Menghidupkan catu daya.
3. Menyimpan data desimal dalam rentang 10 bit (0 - 1023).
4. Baca nilai desimal yang telah disimpan pada EEPROM.
5. Mengamati dan mencatat data yang ditampilkan melalui LCD.
6. Mengatur blok rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.5.
7. Melakukan proses *read* EEPROM dengan menggunakan *software* PonyProg2000.
8. Mengamati hasil pembacaan dari *software* PonyProg2000.



Gambar 5.4 Blok Diagram Pengujian EEPROM ATmega8L yang Dtampilkan Melalui LCD.



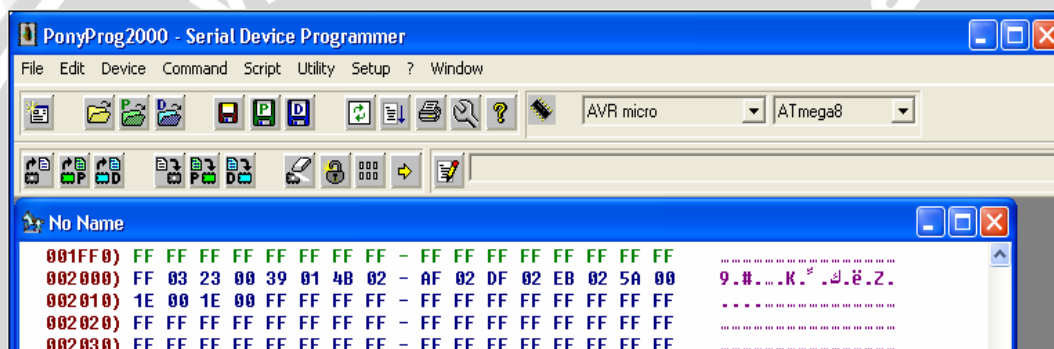
Gambar 5.5 Blok Diagram Pengujian EEPROM ATmega8L yang Dtampilkan Melalui PonyProg2000

### 5.4.3. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan merangkai rangkaian seperti pada Gambar 5.4 kemudian dilanjutkan dengan merangkai rangkaian seperti pada Gambar 5.5. Hasil pengujian EEPROM ATmega8L ditunjukkan seperti pada Tabel 5.5 dan Gambar 5.6 .

Tabel 5.5 Hasil Pengujian EEPROM pada AVR ATmega8L yang Ditampilkan Melalui LCD

Alamat EPROM (Heksa)	Data Isian EEPROM		Data Keluaran dari EEPROM	
	Desimal	Heksa	Desimal	Heksa
00-01	1023	03FF	1023	03FF
02-03	35	0023	35	0023
04-05	313	0139	313	0139
06-07	587	024B	587	024B
08-09	687	02AF	687	02AF
0A-0B	735	02DF	735	02DF
0C-0D	747	02EB	747	02EB
0E-0F	90	005A	90	005A
10-11	30	001E	30	001E
12-13	30	001E	30	001E



**Gambar 5.6** Hasil Pengujian EEPROM pada AVR ATmega8L yang Ditampilkan Melalui PonyProg2000.

#### 5.4.4 Analisis Data dan Kesimpulan

Dari hasil pengujian didapatkan bahwa EEPROM pada AVR ATmega8L telah bekerja dengan baik karena data keluaran sudah sesuai dengan data yang telah diisikan sebelumnya .

### 5.5 PENGUJIAN RANGKAIAN ANTARMUKA MODUL LCD

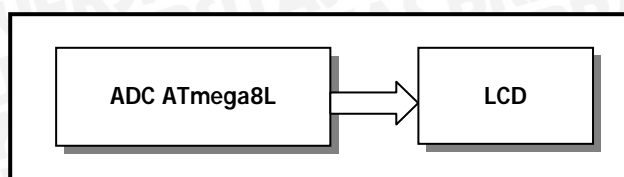
#### 5.5.1. Tujuan

Tujuan pengujian rangkaian antarmuka LCD adalah untuk menunjukkan bahwa PortD, PortB.0 dan PortB.1 ATmega8L serta modul LCD dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

#### 5.5.2. Prosedur Pengujian

1. Mengatur blok rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.7.
2. Menghidupkan catu daya.
3. Memasukkan program untuk menampilkan suatu karakter tertentu.

4. Mengamati dan memfoto karakter yang ditampilkan melalui LCD.



**Gambar 5.7** Blok Diagram Pengujian LCD 2 × 16

### 5.5.3. Hasil Pengujian

Program yang dibuat untuk pengujian adalah program sederhana yaitu menampilkan karakter ‘BURHANUDIN’ dan ‘0210630030’ pada kedua baris layar LCD. Gambar 5.8 menunjukkan hasil pengujian rangkaian antarmuka modul LCD.



**Gambar 5.8** Hasil Pengujian Rangkaian Antarmuka Modul LCD.

### 5.5.4. Analisis Data dan Kesimpulan

Hasil pengujian yang diperoleh adalah layar LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang diharapkan. Dengan demikian rangkaian antarmuka modul LCD dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

## 5.6 PENGUJIAN KESELURUHAN SISTEM

### 5.6.1. Tujuan

Untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan berdasarkan perancangan yang telah dibuat.

### 5.6.2. Prosedur Pengujian

1. Mengatur dan menyusun rangkaian sesuai dengan Blok Diagram Sistem seperti pada Gambar 4.1.
2. Memasukkan program secara keseluruhan.
3. Mengaktifkan “Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi”.
4. Melakukan pengukuran kadar air biji kopi beras varietas robusta (*coffea canephora*).

5. Mencatat dan membandingkan hasil pengukuran yang ditampilkan alat dengan hasil pengukuran dengan metode oven.

### 5.6.3. Hasil Pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan didapatkan tabel perbandingan antara hasil pengukuran kadar air biji kopi beras robusta (dengan menggunakan metode oven) dengan Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.6. Nilai akurasi dan presisi pada Tabel 5.6 dapat dicari dengan menggunakan persamaan 5.5 dan 5.6 sebagai berikut:

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{\text{Beda Pengukuran}}{\text{Pengukuran Laboratorium}} \times 100\% \quad (5.5)$$

$$\text{Presisi (\%)} = \frac{(\text{Keluaran Alat}) - (\overline{\text{Keluaran Alat}})}{\overline{\text{Keluaran Alat}}} \times 100\% \quad (5.6)$$

dengan:  $\overline{\text{Keluaran Alat}}$  = Rata-Rata Keluaran Alat

Perhitungan tingkat presisi dan akurasi pada kadar air 14,2 % dapat diselesaikan sebagai berikut:

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{0,1}{14,2} \times 100\% = 0,700\% \text{ (Untuk keluaran alat 14,1 \%)}$$

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{0,0}{14,2} \times 100\% = 0,000\% \text{ (Untuk keluaran alat 14,2 \%)}$$

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{0,1}{14,2} \times 100\% = 0,700\% \text{ (Untuk keluaran alat 14,1 \%)}$$

$$\therefore \text{Akurasi Rata-Rata (\%)} = \frac{0,700 + 0,000 + 0,700}{3} = 0,467\%$$

$$\text{Presisi (\%)} = \frac{14,1 - 14,133}{14,133} \times 100\% = 0,236\% \text{ (Untuk keluaran alat 14,1 \%)}$$

$$\text{Presisi (\%)} = \frac{14,2 - 14,133}{14,133} \times 100\% = 0,472\% \text{ (Untuk keluaran alat 14,2 \%)}$$

$$\text{Presisi (\%)} = \frac{14,1 - 14,133}{14,133} \times 100\% = 0,236\% \text{ (Untuk keluaran alat 14,1 \%)}$$

$$\therefore \text{Presisi Rata-Rata (\%)} = \frac{0,236 + 0,472 + 0,236}{3} = 0,315\%$$

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Terhadap Hasil Uji Laboratorium

Hasil Pengukuran Laboratorium (%)	Hasil Keluaran Alat (%)	Beda Pengukuran	Akurasi (%)	Akurasi Rata-Rata (%)	Presisi (%)	Presisi Rata-Rata (%)
14,2	14,1	0,1	0,700	0,467	0,236	0,315
	14,2	0,0	0,000		0,472	
	14,1	0,1	0,700		0,236	
12,4	11,1	1,3	10,484	5,376	6,983	4,655
	12,0	0,4	3,226		0,557	
	12,7	0,3	2,419		6,425	
10,8	10,8	0,0	0,000	3,704	1,250	4,166
	10,0	0,8	7,407		6,250	
	11,2	0,4	3,704		4,999	
10	10,9	0,9	8,333	5,444	8,638	5,759
	9,9	0,1	1,000		1,329	
	9,3	0,7	7,000		7,309	
9,7	9,6	0,1	1,031	3,093	3,356	2,461
	9,9	0,2	2,062		0,336	
	10,3	0,5	6,186		3,691	
8,7	8,5	0,2	2,299	5,364	0,778	4,929
	8,0	0,3	8,046		6,615	
	9,2	0,5	5,747		7,393	
8,3	8,2	0,1	1,205	0,402	0,806	0,537
	8,3	0,0	0,000		0,403	
	8,3	0,0	0,000		0,403	
8,0	8,5	0,5	6,250	4,375	1,796	1,796
	-	-	-		-	
	8,2	0,2	2,500		1,796	
Rata-Rata				3,528		3,077

#### 5.6.4. Analisis Data dan Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.6 dapat disimpulkan bahwa dari 24 kali percobaan yang dilakukan, tingkat akurasi terbesar adalah 10,484 % dan tingkat akurasi rata-rata sebesar 3,528 % dengan tingkat presisi terbesar adalah 8,638 % dan tingkat presisi rata-rata sebesar 3,077 %. Tanda (-) pada Tabel 5.6 diatas menunjukkan bahwa kadar air biji kopi berada di bawah range pengukuran. Tingkat akurasi dan presisi yang masih cukup jelek terutama disebabkan

oleh adanya perubahan bidang pantul dan perubahan rongga yang dibentuk oleh sampel biji kopi sehingga intensitas cahaya *near infrared* yang di pantulkan oleh sample biji kopi yang mengenai *field of view* dari detektor phototransistor QRD1313 mengalami perubahan.

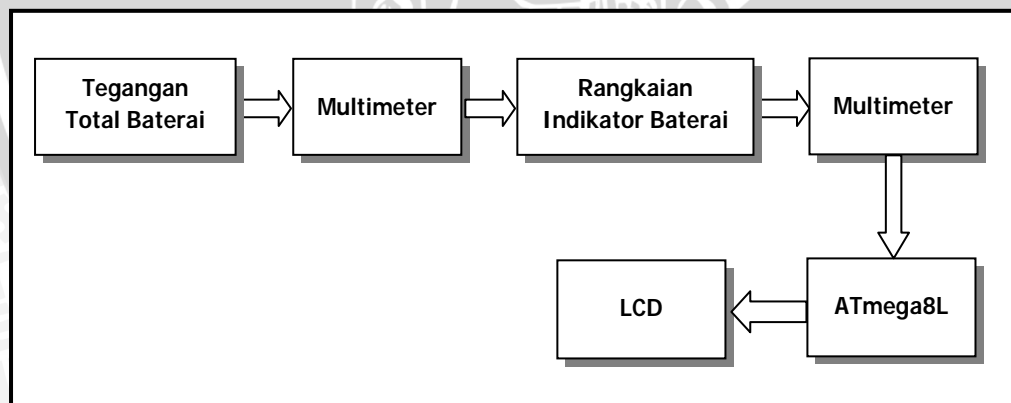
## 5.7 PENGUJIAN INDIKATOR BATERAI

### 5.7.1. Tujuan

1. Mengetahui kemampuan rangkaian indikator baterai dalam mengkondisikan perubahan tegangan total baterai menjadi suatu keluaran yang berada pada range masukan ADC sesuai dengan yang telah direncanakan.
2. Mengetahui kemampuan program dalam menampilkan kondisi baterai pada range 0%-100%.

### 5.7.2. Prosedur Pengujian

1. Menyusun rangkaian seperti terlihat dalam Gambar 5.9.
2. Mengatur posisi saklar putar multimeter pada volt meter.
3. Memasukkan program indikator baterai.
4. Mengaktifkan “Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi”.
5. Mengamati dan mencatat tegangan yang ditampilkan oleh multimeter.
6. Mengamati dan mencatat indikator baterai yang ditampilkan oleh LCD.



Gambar 5.9 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Indikator Baterai

### 5.7.3. Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan dengan merangkai rangkaian seperti pada Gambar 5.9. Hasil pengujian rangkaian indikator baterai ditunjukkan pada Tabel 5.7, sedangkan hasil pengujian program indikator baterai ditunjukkan pada Tabel 5.8.



Tabel 5.7 Hasil Pengujian Rangkaian Indikator Baterai

Tegangan Total Baterai(V)	Tegangan Keluaran (V)		% Penyimpangan
	Hasil Pengujian	Hasil Perhitungan	
11,00	2,20	2,200	0,000
10,46	2,09	2,092	0,096
10,36	2,08	2,072	0,386
10,29	2,06	2,058	0,097
10,22	2,05	2,044	0,293
10,09	2,02	2,018	0,099
9,99	2,00	1,998	0,100
Penyimpangan rata-rata			0,153

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Program Indikator Baterai

Tegangan Total Baterai (V)	Tegangan Masukan ADC(V)	Keluaran pada LCD (%)		% Penyimpangan
		Hasil Pengujian	Hasil Perhitungan	
11,00	2,20	84	84	0,000
10,46	2,09	40	40	0,000
10,36	2,08	36	36	0,000
10,29	2,06	30	28	7,143
10,22	2,05	24	24	0,000
10,09	2,02	14	12	16,667
9,99	2,00	6	6	0,000
Penyimpangan rata-rata				3,401

#### 5.7.4 Analisis Data dan Kesimpulan

Analisis dilakukan dengan menghitung prosentase penyimpangan hasil pengukuran terhadap hasil perhitungan pada rangkaian indikator baterai dengan menggunakan Persamaan (5.1), demikian juga untuk pengujian program indikator baterai. Hasil perhitungan untuk pengujian rangkaian indikator baterai dan pengujian program indikator baterai dapat dicari dengan Persamaan 5.7 dan 5.8 sebagai berikut:

$$\text{Hasil Perhitungan} = \frac{\text{TeganganTotalBaterai}}{5} \quad (5.7)$$

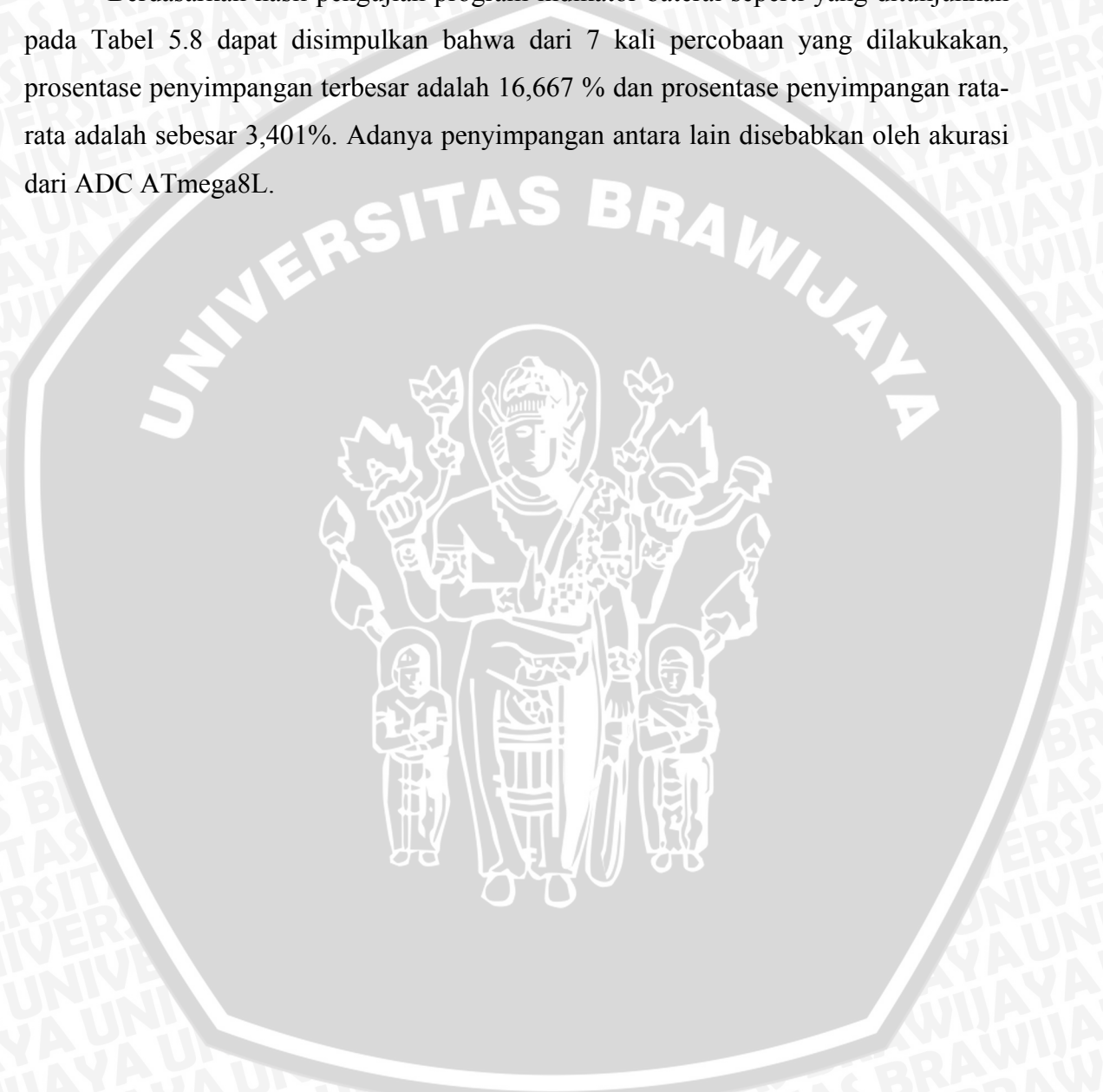
$$\text{Hasil Perhitungan} = \frac{\text{TeganganMasukanADC(mV)}}{2,5 \times 10^{-3}} - 796 \quad (5.8)$$

Konstanta 796 desimal dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 5.3 dengan Tegangan Masukan = Tegangan Minimal Total Baterai setelah melewati rangkaian indikator baterai, yaitu sebesar 1,99 V.

Berdasarkan hasil pengujian rangkaian indikator baterai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.7 dapat disimpulkan bahwa dari 7 kali percobaan yang

dilakukan, prosentase penyimpangan terbesar adalah 0,386 % dan prosentase penyimpangan rata-rata adalah sebesar 0,153%. Adanya penyimpangan antara lain disebabkan oleh kemampuan multimeter yang hanya dapat menampilkan 2 angka dibelakang koma untuk pengukuran diatas tegangan 2 V serta toleransi dari resistor yang dijadikan sebagai rangkaian indikator baterai.

Berdasarkan hasil pengujian program indikator baterai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.8 dapat disimpulkan bahwa dari 7 kali percobaan yang dilakukan, prosentase penyimpangan terbesar adalah 16,667 % dan prosentase penyimpangan rata-rata adalah sebesar 3,401%. Adanya penyimpangan antara lain disebabkan oleh akurasi dari ADC ATmega8L.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 KESIMPULAN

Dari hasil perancangan dan pengujian Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi yang memanfaatkan *Reflective Object Sensor* QRD1313 dapat digunakan sebagai alat pengukur kadar air biji kopi dengan hasil yang belum sesuai dengan yang direncanakan, hal ini terutama disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya :

- Terjadinya perubahan bidang pantul yang dibentuk oleh sampel biji kopi.
- Terjadinya perubahan rongga antar biji kopi.

Sehingga dari dua sebab diatas menyebabkan intensitas cahaya *near infrared* yang di pantulkan oleh sampel biji kopi yang mengenai *field of view* dari detektor phototransistor QRD1313 mengalami perubahan.

2. Tingkat akurasi rata-rata dan presisi rata-rata dari alat ini masing-masing sebesar 3,528 % dan 3,077 %.
3. Rangkaian pengkondisi sinyal sensor, yang terdiri dari rangkaian *buffer* dan penguat diferensial sudah dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan penyimpangan rata-rata tidak lebih dari 3,0832 %.
4. ADC pada AVR ATmega8L yang digunakan secara termultipleks untuk memproses tegangan yang berasal dari rangkaian sensor dan rangkaian indikator baterai sudah dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan penyimpangan rata-rata tidak lebih dari 1,079 %.
5. Rangkaian indikator baterai dan program untuk menampilkan indikator baterai sudah dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan penyipangan rata-rata masing-masing tidak lebih dari 0,153% dan 3,401 %.
6. EEPROM pada AVR ATmega8L sudah dapat digunakan sebagai mana mestinya.
7. Alat Pengukur Kadar Air Biji Kopi dapat dioperasikan dengan dua macam *power supply*, yaitu dengan menggunakan jala-jala PLN DC 12 V dan atau dengan 8 buah baterai sanyo AA 2500 mAh *rechargeable*.

## 6.2 SARAN

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan alat ini dikemudian hari. Hal ini terutama disebabkan oleh kondisi alat yang belum dapat bekerja dengan stabil sesuai yang direncanakan sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut, diantaranya:

1. Untuk mengkompensasi terjadinya perubahan bidang pantul yang dibentuk oleh sampel biji kopi maka diperlukan lensa positif / konvergen sehingga cahaya *near infrared* yang dipantulkan oleh sampel biji kopi dapat difokuskan pada *field of view* dari detektor cahaya *near infrared*.
2. Untuk mengkompensasi terjadinya perubahan rongga antar biji maka dapat diatasi dengan membuat sistem mekanik yang bagus sehingga gaya jatuh biji kopi relatif seragam.



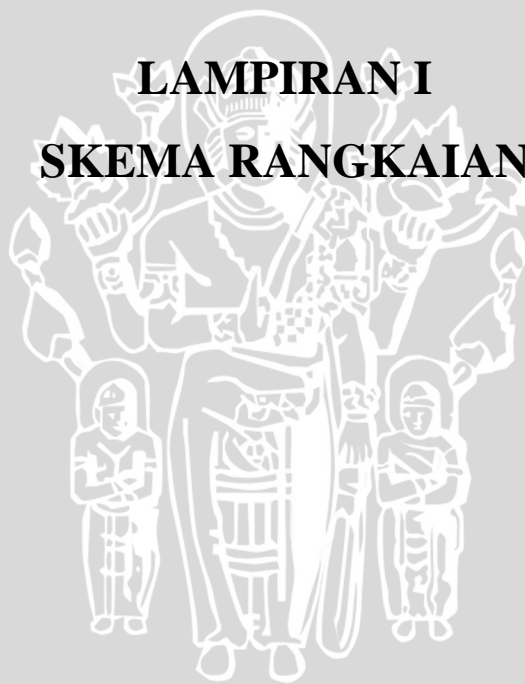
## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 2002. *ATmega8L*. \_\_\_\_\_. Atmel. <http://www.atmel.com>. Tanggal akses: 11 Mei 2006.
- Anonymous, 2006. *Different Regions in The Infrared*. Inggris: Wikipedia. <http://www.en.wikipedia.org>. Tanggal akses: 27 Juni 2006.
- Anonymous, \_\_\_\_\_. *Infra-Red Absorption Spectroscopy*. \_\_\_\_\_. <http://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/molspec/irspecl.htm>. Tanggal akses: 12 Juli 2007
- Anonymous, 2005. *Infrared Component*. Fairchild Semiconductor. <http://www.fairchildsemi.com>. Tanggal akses: 13 Februari 2007.
- Anonymous, 2003. *Measurement of Grain Moisture*. \_\_\_\_\_. <http://www.almashriq.hiof.no>. Tanggal akses: 22 Juni 2006.
- Anonymous, 2005. *QRD1313 Reflective Object Sensor*. Fairchild Semiconductor. <http://www.fairchildsemi.com>. Tanggal akses: 21 Juli 2006.
- Anonymous, 2004. *Solar System Fundamental Considerations*. \_\_\_\_\_. <http://www.almashriq.hiof.no>. Tanggal akses: 22 Juni 2006.
- Caddick, Len, 2001. *What is NIT or NIR and How Do These Systems Measure Grain Moisture Content*. Australia: CSIRO Store Grain Research Laboratory. <http://www.sgrl.csiro.au>. Tanggal akses: 8 Juli 2006.
- Coughlin, F. Robert dan Driscoll, F. Frederick, 1982. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear* (terjemahan: Soemitro, W., Herman). Jakarta: Erlangga.
- Cromer, H. Alan, 1994. *Fisika Untuk Ilmu-Ilmu Hayati* (terjemahan: P, Sumartono). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Djaelani, E., Gojali A. E, Ramdan, A., Herlen. \_\_\_\_\_. *Perlatan Ukur Kecepatan Awal Peluru Kaliber Kecil*. Bandung: LIPI. <http://www.lipi.go.id>. Tanggal akses: 18 Juni 2006.

- Dryden, M. 2003. *Near Infrared Reflectance Spectroscopy: Application in Deer Nutrition*. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation. <http://www.rirdc.gov.au>. Tanggal akses: 11 Juli 2007.
- Jake, 2002. *Spectrophotometry*. \_\_\_\_\_. <http://www.science.unterloo.com>. Tanggal akses: 24 Juni 2006.
- Malvino, 2003. *Prinsip-Prinsip Elektronika* (terjemahan; Santoso, Joko). Jakarta: Salemba Teknika.
- Mawardi, Halit. 2006. *Alat Pengukur Kadar Air Pada Biji-Bijian dengan Menggunakan Prinsip Kapasitansi*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Elektro FT Unibraw, 2006.
- Misnawi, Mulato S., Sahali, Suharyanto E. dan Widyotomo S., 2004. *Petunjuk Teknis Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Mulato S., Widyotomo S. dan Suharyanto E., 2006. *Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kopi*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Pratomo, Andi. 2005. *Panduan Praktis Pemrograman AVR Mikrokontroler AT90S2313*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tipler, A Paul. 2001. *Fisika Untuk Sains dan Teknik. Jilid 2* (terjemahan: Soegijono, Bambang). Jakarta: Erlangga.
- Zemansky, Sears. 1994. *Fisika Untuk Universitas 3*. Bandung: Anggota Ikatan Penerbit Indonesia.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**LAMPIRAN I**  
**SKEMA RANGKAIAN**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**LAMPIRAN II  
LISTING PROGRAM**





```

;=====
;MOISTURE DIGITAL WITH NIR
;BY BURHAN T ELEKTRO BRAWIJAYA
;FOR FINAL TASK (SKRIPSI)
;=====
;LCD
;PD          as Address & Data
;PBO         as RS
;PB1         as EN
;PC1(ADC1)   as input battery indicator
;PC0(ADC0)   as input sensor
;-----
.NOLIST
.INCLUDE "m8def.inc"
.LIST
;-----
; Registers identification
;-----
.DEF  rd1l      = R6   ; LSB 16-bit-number to be divided
.DEF  rd1h      = R7   ; MSB 16-bit-number to be divided
.DEF  rd1u      = R8   ; interim register/reg sisa
.DEF  rd2       = R9   ; 8-bit-number to divide with
.DEF  rel       = R10  ; LSB result
.DEF  reh       = R11  ; MSB result
.DEF  rm1       = R12  ; Binary number to be multiplied (8 Bit)
.DEF  rmh       = R13  ; Interim storage
.DEF  rm2       = R14  ; Binary number to be multipl

.DEF  rmp       = r16  ; r16 as rigiser multiperpouse
.DEF  rmp1      = r17
.DEF  rmp2      = r18
.DEF  rdelay    = r19
.DEF  rdelay1   = r20
.DEF  rdelay2   = r21
.DEF  rsensor   = r22  ; r16 as rigiser multiperpouse
.DEF  rsensor_1 = r23
.DEF  rbat      = r24
.DEF  rbat_1    = r25

.DEF  rcount    = r26
.DEF  reeprom   = r27

.EQU  rsbat     = 0x0061
.EQU  rpbat     = 0x0062
.EQU  rrbat     = 0x0063
.EQU  rrbat     = 0x0068

.EQU  rssensor  = 0x0064
.EQU  rpsensor  = 0x0065
.EQU  rrasensor = 0x0066
.EQU  rrbensor  = 0x0067

.EQU  rseeprom  = 0x0068
.EQU  rpeeprom  = 0x0069

.EQU  rske      = 0x006a
.EQU  rpke      = 0x006b

.EQU  raddress  = 0x006c
;-----
.CSEG
.ORG 0

```



```

;-----
;initialisation:
;-----
    ldi    rmp,low(ramend)
    out   spl,rmp
    ldi    rmp,high(ramend)
    out   sph,rmp
    ldi    rmp,0xff           ;as output
    out   DDRD,rmp
    ldi    rmp,0b00000000    ;ADC0,1 as input
    out   DDRC,rmp
    ldi    rmp,0b00000011    ;PB0,1 as output-PB2,4 as push

button input
    out   DDRB,rmp
    cbi   PortC,0           ;set as high impedance for ADC
    cbi   PortC,1

;=====
;Main Program
;=====
main:
    rcall first_show
    rcall initialdelay
    rcall init_lcd
    rcall mydevice

main1:
    rcall batteryindicator
    rcall selectprocess
    rjmp  main1

;-----
first_show:
;-----
    rcall  init_lcd
    rcall  myname
    ret

;-----
mydevice:
;-----
    rcall  row_up
    ldi    zh,high(data26*2)
    ldi    zl,low(data26*2)
    rjmp  write27
mydevice1:
    rcall  initialdelay
    rcall  init_lcd
    rcall  row_up
    ldi    zh,high(data27*2)
    ldi    zl,low(data27*2)
    rjmp  write28
    ret

;-----
write27:
;-----
    lpm    rmp,z+
    cpi    rmp,'#'
    breq   mydevice1
    rcall  write_data
    rcall  initialdelay2
    rjmp  write27
mydevice2:
    rcall  initialdelay
    rcall  row_down
    ldi    zh,high(data28*2)
    ldi    zl,low(data28*2)
    rjmp  write29

```



```

;-----
write28:
;-----
    lpm                rmp,z+
    cpi                rmp,'#'
    breq              mydevice2
    rcall              write_data
    rcall              initialdelay2
    rjmp              write28
;-----
write29:
;-----
    lpm                rmp,z+
    cpi                rmp,'#'
    breq              outwrite29
    rcall              write_data
    rcall              initialdelay2
    rjmp              write29
outwrite29:
    rcall              initialdelay
    ret
;-----
initialreeprom:
;-----
    ldi                reeprom,0x00
    rcall              write_address
    ret
;-----
batteryindicator:
;-----
    rcall              checkbattery          ;voltage 1,92-2,24V
    rcall              select_battery        ;different 250mV, cal begin 1,99V,empty 1,24 V
                                           ;0-100%-->1990-2240mV
    ret
;-----
init_lcd:
;-----
    ldi                rmp,0x01             ;8 bit interface, 1 line, 5X7 dots
    rcall              write_inst
    rcall              write_inst
    ldi                rmp,0x38
    rcall              write_inst
    ldi                rmp,0x0c             ;INCREMENT CURSOR POSITION;MODE
    rcall              write_inst
    ldi                rmp,0x06             ;Clear layar dan cursor kembali ke posisi awal (alamat
OH)
    rcall              write_inst
    ret
;-----
write_inst:
;-----
    cbi                PortB,0
    sbi                PortB,1
    out                PortD,rmp           ;write inst to LCD
    cbi                PortB,1
    rcall              delay_inst
    ret
;-----
write_data:
;-----
    sbi                PortB,0
    sbi                PortB,1
    out                PortD,rmp           ;write data to LCD

```



```

        cbi          PortB,1
        rcall       delay_data
        ret
;-----
row_up:
;-----
        ldi          rmp,0x80
        rcall       write_inst
        ret
;-----
row_down:
;-----
        ldi          rmp,0xC0
        rcall       write_inst
        ret
;-----
checksensor:
;-----
        sbi          adcsra,aden          ;enable ADC
        ldi          rmp,0xc0             ;full adc0, gain 1x
        out          admux,rmp           ;internal ref 2,56 V, low byte begin ADCL

        sbi          adcsra,adps1         ;presc 8
        sbi          adcsra,adps0
        sbi          adcsra,adsc
        ldi          rmp,0x02

adc_0:
        sbis        adcsra,adif           ;skip rjmp if adif 1
        rjmp        adc_0
        in          rsensor,adcl          ;low byte
        in          rsensor_1,adch
        dec         rmp
        cpi         rmp,0x00
        brne        adc_0
        cbi         adcsra,aden
        ret
;-----
calcsensor:
;-----
        ldi          rmp,0xcc
        mov         r4,rmp
        ldi          rmp,0x00             ;204d=cc
        mov         r3,rmp
        clc
        mov         r2,rsensor           ;low byte
        mov         r1,rsensor_1
        rcall       subtraction

        mov         rmp,r1
        mov         rd1h,rmp
        mov         rmp,r2               ; low byte
        mov         rd1l,rmp
        ldi          rmp,0x52             ; 82=0x52 to be divided with
        mov         rd2,rmp
        clc
        rcall       division
        mov         rsensor,rel
        mov         rsensor_1,reh

        mov         rm1,rd1u
        ldi          rmp,0x0a
        mov         rm2,rmp
        clc
        rcall       multiplication
    
```

```

mov    rmp,reh
mov    rd1h,rmp
mov    rmp,rel           ; low byte
mov    rd1l,rmp
ldi    rmp,0x52         ; 82=0x52 to be divided with
mov    rd2,rmp
clc
rcall  division
mov    rbat,rel         ; low byte

```

```

mov    rm1,rsensor
ldi    rmp,0x0a
mov    rm2,rmp
clc
rcall  multiplication
mov    rsensor,rel      ; low byte
mov    rsensor_1,reh

```

```

mov    r2,rsensor
mov    r1,rsensor_1
mov    r4,rbat
ldi    rmp,0x00
mov    r3,rmp
clc
rcall  adding

```

```

ldi    rmp,0x50         ; 80d=50
mov    r4,rmp           ; low
ldi    rmp,0x00
mov    r3,rmp
clc
rcall  adding
mov    rsensor_1,r1     ; high result
mov    rsensor,r2

```

```

calcsensor1:
mov    rmp,rsensor_1
mov    rd1h,rmp
mov    rmp,rsensor      ; low byte
mov    rd1l,rmp
ldi    rmp,0x0a         ; 0x0a to be divided with
mov    rd2,rmp

```

```

rcall  division
sts    rssensor,rd1u    ; sisa

```

```

mov    rd1l,rel
mov    rd1h,reh
rcall  division
sts    rpsensor,rd1u

```

```

mov    rd1l,rel
mov    rd1h,reh
rcall  division
sts    rrasensor,rd1u
ret

```

-----  
checkbattery:  
-----

```

sbi    adcsra,aden     ; enable ADC
ldi    rmp,0xc1        ; full adcl, gain 1x

```

```

out          admux,rmp          ;internal ref 2,56 V, low byte begin ADCL

sbi          adcsra,adps1       ;presc 8
sbi          adcsra,adps0
sbi          adcsra,adsc
ldi          rmp,0x02

adc_1:
sbis        adcsra,adif        ;skip rjmp if adif 1
rjmp        adc_1
in          rbat,adcl          ;low byte
in          rbat_1,adch
dec         rmp
cpi         rmp,0x00
brne       adc_1
cbi         adcsra,aden
ret

;-----
calculbattery:
;-----
ldi          rmp,0x22
mov         r4,rmp
ldi          rmp,0x03          ;802d
mov         r3,rmp
mov         r2,rbat          ;low byte
mov         r1,rbat_1
clc
rcall       subtraction
clc
mov         rbat,r2
mov         rbat_1,r1

calculbattery1:
mov         rmp,rbat_1
mov         rd1h,rmp
mov         rmp,rbat          ; low byte
mov         rd1l,rmp
ldi          rmp,0x0a          ; 0x0a to be divided with
mov         rd2,rmp

rcall       division
sts         rsbat,rd1u        ;sis

mov         rd1l,rel
mov         rd1h,reh
rcall       division
sts         rpbat,rd1u

mov         rd1l,rel
mov         rd1h,reh
rcall       division
sts         rrabat,rd1u

ret

;-----
calcuke:
;-----
ldi          rmp,0x00
mov         rd1h,rmp
mov         rmp,rcount        ; low byte
mov         rd1l,rmp
ldi          rmp,0x0a          ; 0x0a to be divided with
mov         rd2,rmp

rcall       division

```



```

sts          rsk,rd1u      ;sisa

mov          rd11,rel
mov          rd1h,reh
rcall       division
sts          rpke,rd1u
ret

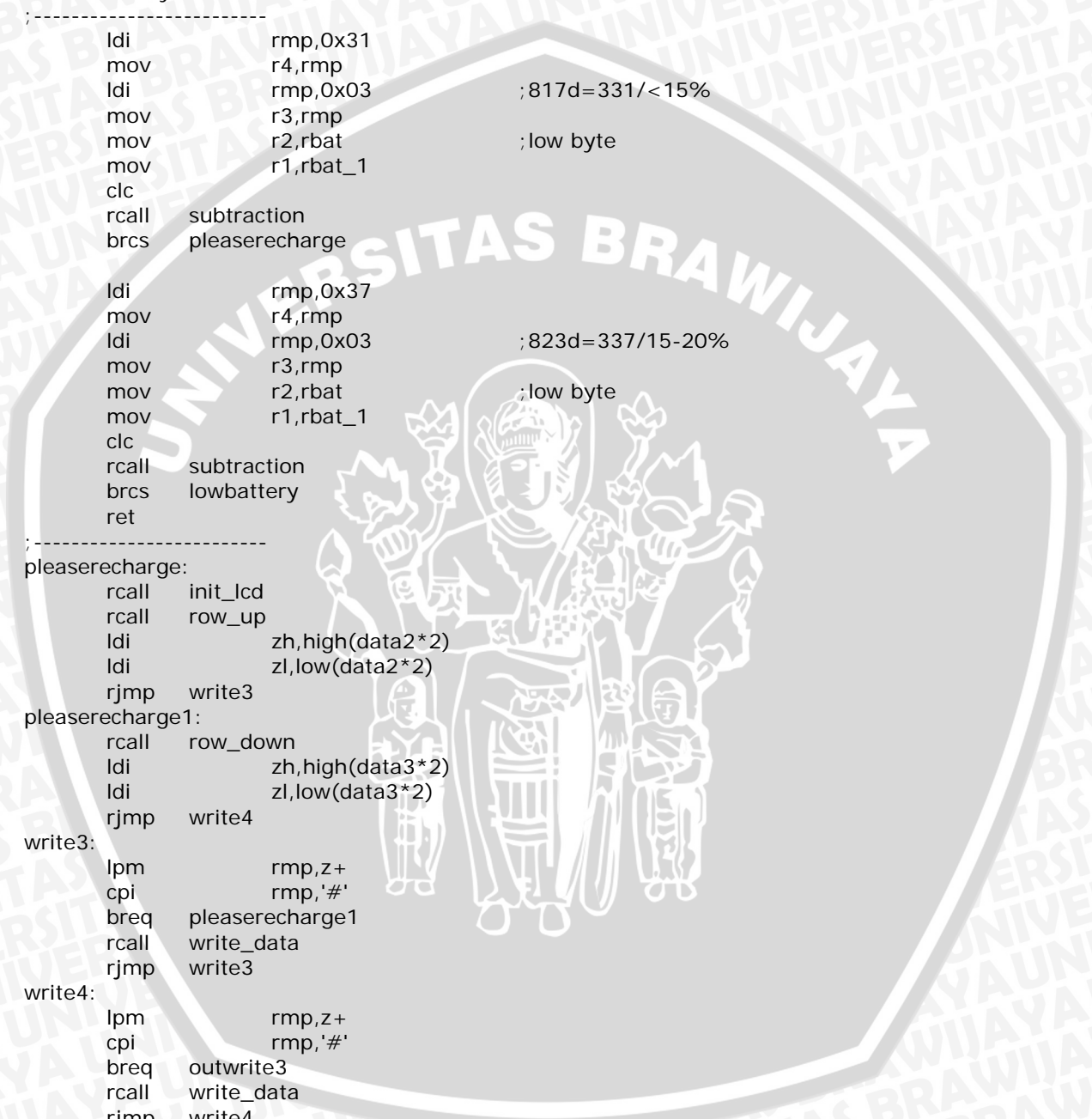
;-----
select_battery:
;-----
ldi          rmp,0x31
mov          r4,rmp
ldi          rmp,0x03      ;817d=331/<15%
mov          r3,rmp
mov          r2,rbat      ;low byte
mov          r1,rbat_1
clc
rcall       subtraction
brcs       pleaserecharge

ldi          rmp,0x37
mov          r4,rmp
ldi          rmp,0x03      ;823d=337/15-20%
mov          r3,rmp
mov          r2,rbat      ;low byte
mov          r1,rbat_1
clc
rcall       subtraction
brcs       lowbattery
ret

;-----
pleaserecharge:
rcall       init_lcd
rcall       row_up
ldi          zh,high(data2*2)
ldi          zl,low(data2*2)
rjmp       write3
pleaserecharge1:
rcall       row_down
ldi          zh,high(data3*2)
ldi          zl,low(data3*2)
rjmp       write4
write3:
lpm          rmp,z+
cpi          rmp,'#'
breq       pleaserecharge1
rcall       write_data
rjmp       write3
write4:
lpm          rmp,z+
cpi          rmp,'#'
breq       outwrite3
rcall       write_data
rjmp       write4
outwrite3:
rcall       showbat
rcall       initialdelay
rjmp       main1

;-----
lowbattery:
rcall       init_lcd
rcall       row_up
ldi          zh,high(data4*2)
ldi          zl,low(data4*2)

```



```

        rjmp    write5
lowbattery1:
        rcall   row_down
        ldi     zh,high(data5*2)
        ldi     zl,low(data5*2)
        rjmp    write6
write5:
        lpm     rmp,z+
        cpi     rmp,'#'
        breq    lowbattery1
        rcall   write_data
        rjmp    write5
write6:
        lpm     rmp,z+
        cpi     rmp,'#'
        breq    outwrite5
        rcall   write_data
        rjmp    write6
outwrite5:
        rcall   showbat
        rcall   initialdelay
        rcall   initialdelay
        ret

```

;OUT DATA LOCATION

myname:

```

        rcall   row_up
        ldi     zh,high(data*2)
        ldi     zl,low(data*2)
        rjmp    write1
myname1:
        rcall   row_down
        ldi     zh,high(data1*2)
        ldi     zl,low(data1*2)
        rjmp    write2
        ret

```

write1:

```

        lpm     rmp,z+
        cpi     rmp,'#'
        breq    myname1
        rcall   write_data
        rjmp    write1

```

write2:

```

        lpm     rmp,z+
        cpi     rmp,'#'
        breq    outwrite1
        rcall   write_data
        rjmp    write2

```

outwrite1:

```

        ret

```

selectprocess:

```

        sbis    pinb,2
        rjmp    showseeprom

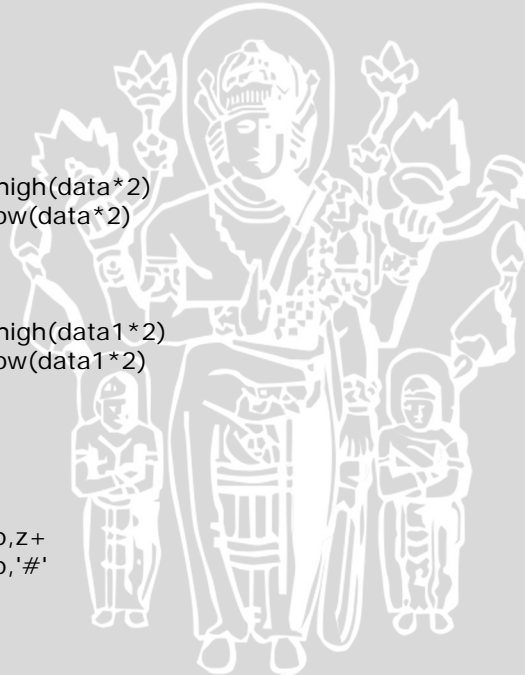
```

showukur:

```

        rcall   init_lcd
        rcall   row_up

```

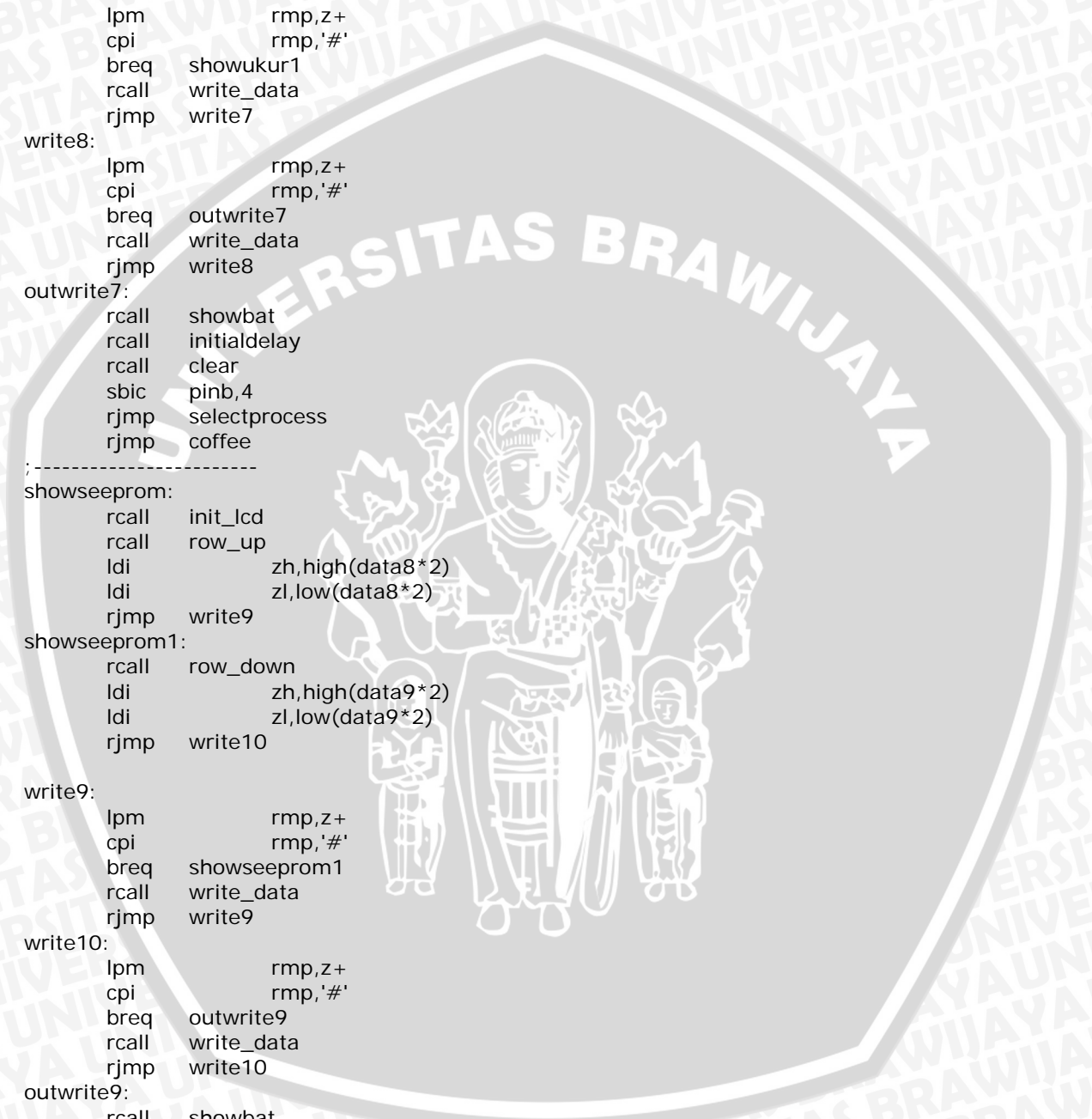




```

ldi          zh,high(data6*2)
ldi          zl,low(data6*2)
rjmp        write7
showukur1:
rcall       row_down
ldi          zh,high(data7*2)
ldi          zl,low(data7*2)
rjmp        write8
write7:
lpm         rmp,z+
cpi         rmp,'#'
breq        showukur1
rcall       write_data
rjmp        write7
write8:
lpm         rmp,z+
cpi         rmp,'#'
breq        outwrite7
rcall       write_data
rjmp        write8
outwrite7:
rcall       showbat
rcall       initialdelay
rcall       clear
sbic        pinb,4
rjmp        selectprocess
rjmp        coffee
;-----
showseeprom:
rcall       init_lcd
rcall       row_up
ldi          zh,high(data8*2)
ldi          zl,low(data8*2)
rjmp        write9
showseeprom1:
rcall       row_down
ldi          zh,high(data9*2)
ldi          zl,low(data9*2)
rjmp        write10
write9:
lpm         rmp,z+
cpi         rmp,'#'
breq        showseeprom1
rcall       write_data
rjmp        write9
write10:
lpm         rmp,z+
cpi         rmp,'#'
breq        outwrite9
rcall       write_data
rjmp        write10
outwrite9:
rcall       showbat
rcall       initialdelay
rcall       clear
sbic        pinb,4
rjmp        showseeprom2
rjmp        seeKA
;-----
showseeprom2:
sbic        pinb,2
rjmp        showseeprom
rjmp        showeraseeprom

```



```

;-----
showeraseeprom:
    rcall    init_lcd
    rcall    row_up
    ldi      zh,high(data10*2)
    ldi      zl,low(data10*2)
    rjmp    write11
showeraseeprom1:
    rcall    row_down
    ldi      zh,high(data11*2)
    ldi      zl,low(data11*2)
    rjmp    write12
write11:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    showeraseeprom1
    rcall    write_data
    rjmp    write11
write12:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    outwrite11
    rcall    write_data
    rjmp    write12
outwrite11:
    rcall    showbat
    rcall    initialdelay
    rcall    clear
    sbic    pinb,4
    rjmp    showeraseeprom2
    rjmp    eraseKA
showeraseeprom2:
    sbic    pinb,2
    rjmp    showeraseeprom
    rjmp    showukur
;-----
coffee:
    rcall    selectcoffee
    rcall    calcusensor
    rcall    showcoffee

    rcall    initialdelay

    rjmp    saveKA
;-----
rangesensor:
;-----
    ldi      rmp,0x5c
    mov     r2,rmp
    ldi      rmp,0x03                ;860d=35c
    mov     r1,rmp
    clc
    mov     r4,rsensor                ;low byte
    mov     r3,rsensor_1
    rcall    subtraction
    brcs   highvoltage
;-----
    ldi      rmp,0xcc
    mov     r4,rmp
    ldi      rmp,0x00                ;204d=cc
    mov     r3,rmp
    clc
    mov     r2,rsensor                ;low byte
    mov     r1,rsensor_1

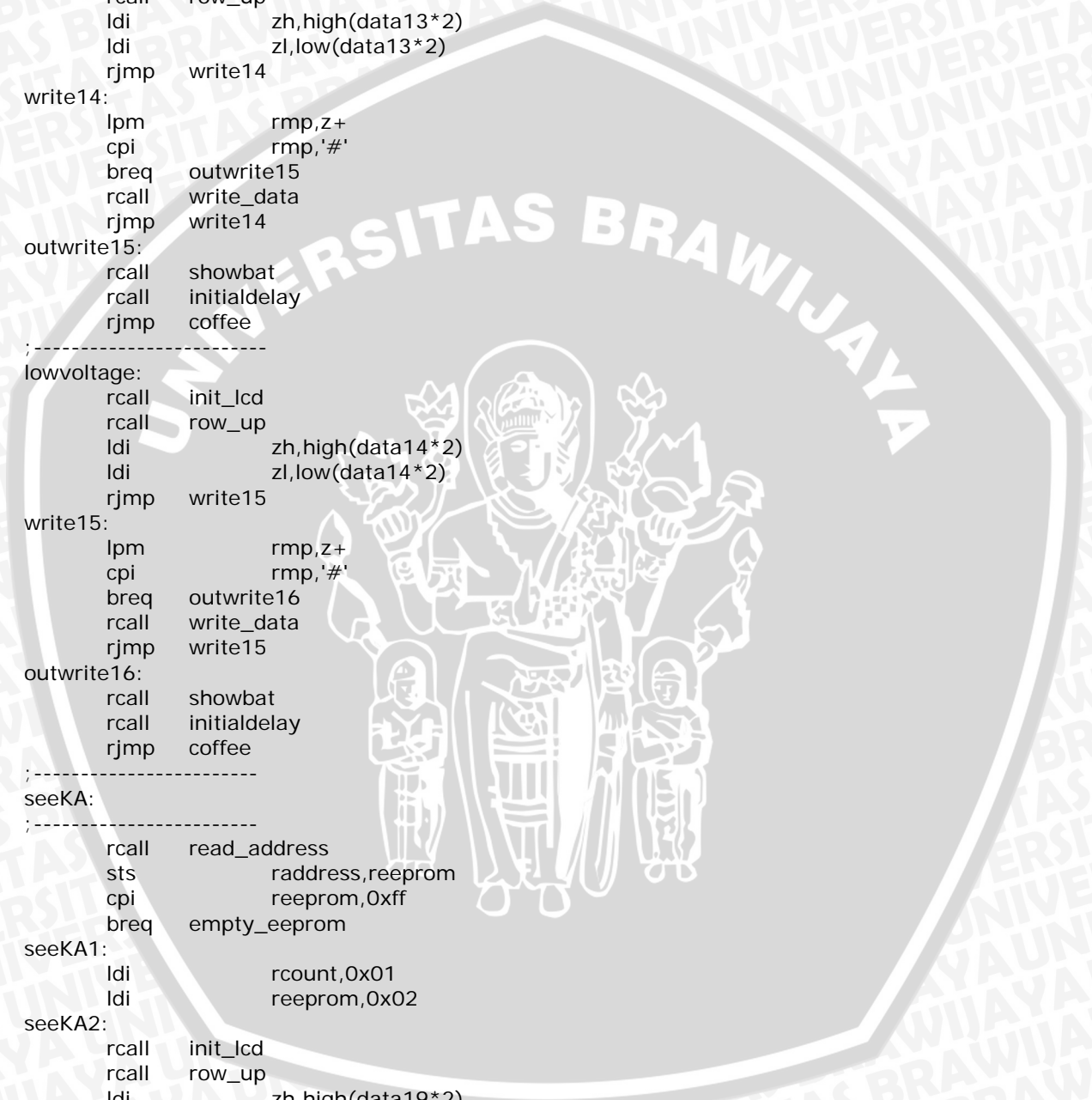
```



```

    rcall    subtraction
    brcs    lowvoltage
    rjmp    normalvoltage
;-----
normalvoltage:
    ret
;-----
highvoltage:
    rcall    init_lcd
    rcall    row_up
    ldi      zh,high(data13*2)
    ldi      zl,low(data13*2)
    rjmp    write14
write14:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    outwrite15
    rcall    write_data
    rjmp    write14
outwrite15:
    rcall    showbat
    rcall    initialdelay
    rjmp    coffee
;-----
lowvoltage:
    rcall    init_lcd
    rcall    row_up
    ldi      zh,high(data14*2)
    ldi      zl,low(data14*2)
    rjmp    write15
write15:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    outwrite16
    rcall    write_data
    rjmp    write15
outwrite16:
    rcall    showbat
    rcall    initialdelay
    rjmp    coffee
;-----
seeKA:
;-----
    rcall    read_address
    sts      raddress,reeprom
    cpi      reeprom,0xff
    breq    empty_eeeprom
seeKA1:
    ldi      rcount,0x01
    ldi      reeprom,0x02
seeKA2:
    rcall    init_lcd
    rcall    row_up
    ldi      zh,high(data19*2)
    ldi      zl,low(data19*2)
    rjmp    write20
write20:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    outwrite20
    rcall    write_data
    rjmp    write20

```



```

outwrite20:
    rcall    lcdseeKA
outwrite201:
    rcall    showbat
    rcall    initialdelay
    sbic     pinb,4
    rjmp     outwrite201
    inc      rcount
    inc      reeprom
    inc      reeprom
    lds      rmp1,raddress
    cp       rmp1,reeprom
    brlo     outwrite202
    rjmp     seeKA2
outwrite202:
    rjmp     seeKA1
;-----
empty_eeprom:
    rcall    init_lcd
    rcall    row_up
    ldi     zh,high(data20*2)
    ldi     zl,low(data20*2)
    rjmp     write21
empty_eeprom1:
    rcall    row_down
    ldi     zh,high(data21*2)
    ldi     zl,low(data21*2)
    rjmp     write22
write21:
    lpm     rmp,z+
    cpi     rmp,'#'
    breq    empty_eeprom1
    rcall    write_data
    rjmp     write21
write22:
    lpm     rmp,z+
    cpi     rmp,'#'
    breq    outwrite21
    rcall    write_data
    rjmp     write22
outwrite21:
    rcall    showbat
    rcall    initialdelay
    rjmp     empty_eeprom
;-----
lcdseeKA:
;-----
    rcall    readKA
    rcall    calcusensor
    rcall    convertcoffee
    rcall    calcuke
    rcall    convertke
    rcall    lcdke
    rcall    positioncoffee
    rcall    lcdcoffee
    ret
;-----
eraseKA:
    rcall    read_address
    sts     raddress,reeprom
    cpi     reeprom,0xff
    breq    showerase
    ldi     reeprom,0x00

```



```

eraseKA1:
    rcall    erase_eeeprom
    inc      reeprom
    lds      rmp1,raddress
    cp       rmp1,reeeprom
    breq     showerase
    rjmp     eraseKA1

```

```

;-----
showerase:
    rcall    init_lcd
    rcall    row_up
    ldi      zh,high(data22*2)
    ldi      zl,low(data22*2)
    rjmp     write23

```

```

showerase1:
    rcall    row_down
    ldi      zh,high(data23*2)
    ldi      zl,low(data23*2)
    rjmp     write24

```

```

write23:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq     showerase1
    rcall    write_data
    rjmp     write23

```

```

write24:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq     outwrite23
    rcall    write_data
    rjmp     write24

```

```

outwrite23:
    ldi      reeprom,0xff
    rcall    write_address

```

```

outwrite231:
    rcall    showbat
    rcall    initialdelay
    rjmp     outwrite231

```

```

;-----
saveKA:

```

```

    sbic     pinb,2
    rjmp     coffee
    rcall    writeKA
    rjmp     coffee
    ret

```

```

;-----
writeKA:

```

```

    rcall    showsaveKA
    rcall    checksensor
    rcall    check_write
    rcall    write_process
    rcall    write_address
    rcall    verify_saveKA
    ret

```

```

;-----
write_process:

```

```

    sbic     EECR,EWE
    rjmp     write_process
    ldi      rmp,0x00

```

```

out      EEARH,rmp
out      EEARL,reeprom

out      EEDR,rsensor
sbi      EECR,EEMWE
sbi      EECR,EWE
inc      reeprom

write_process1:
cbi      EECR,EWE
sbic     EECR,EWE
rjmp    write_process1
ldi      rmp,0x00
out      EEARH,rmp
out      EEARL,reeprom

out      EEDR,rsensor_1
sbi      EECR,EEMWE
sbi      EECR,EWE
inc      reeprom
ret

```

```

;-----
verify_saveKA:
;-----

```

```

rcall    init_lcd
rcall    row_up
ldi      zh,high(data17*2)
ldi      zl,low(data17*2)
rjmp    write18

```

```

verify_saveKA1:

```

```

rcall    row_down
ldi      zh,high(data18*2)
ldi      zl,low(data18*2)
rjmp    write19

```

```

;-----
write18:
;-----

```

```

lpm      rmp,z+
cpi      rmp,'#'
breq    verify_saveKA1
rcall    write_data
rjmp    write18

```

```

;-----
write19:
;-----

```

```

lpm      rmp,z+
cpi      rmp,'#'
breq    outwrite18
rcall    write_data
rjmp    write19

```

```

outwrite18:

```

```

rcall    showbat
rcall    initialdelay
rcall    initialdelay
ret

```

```

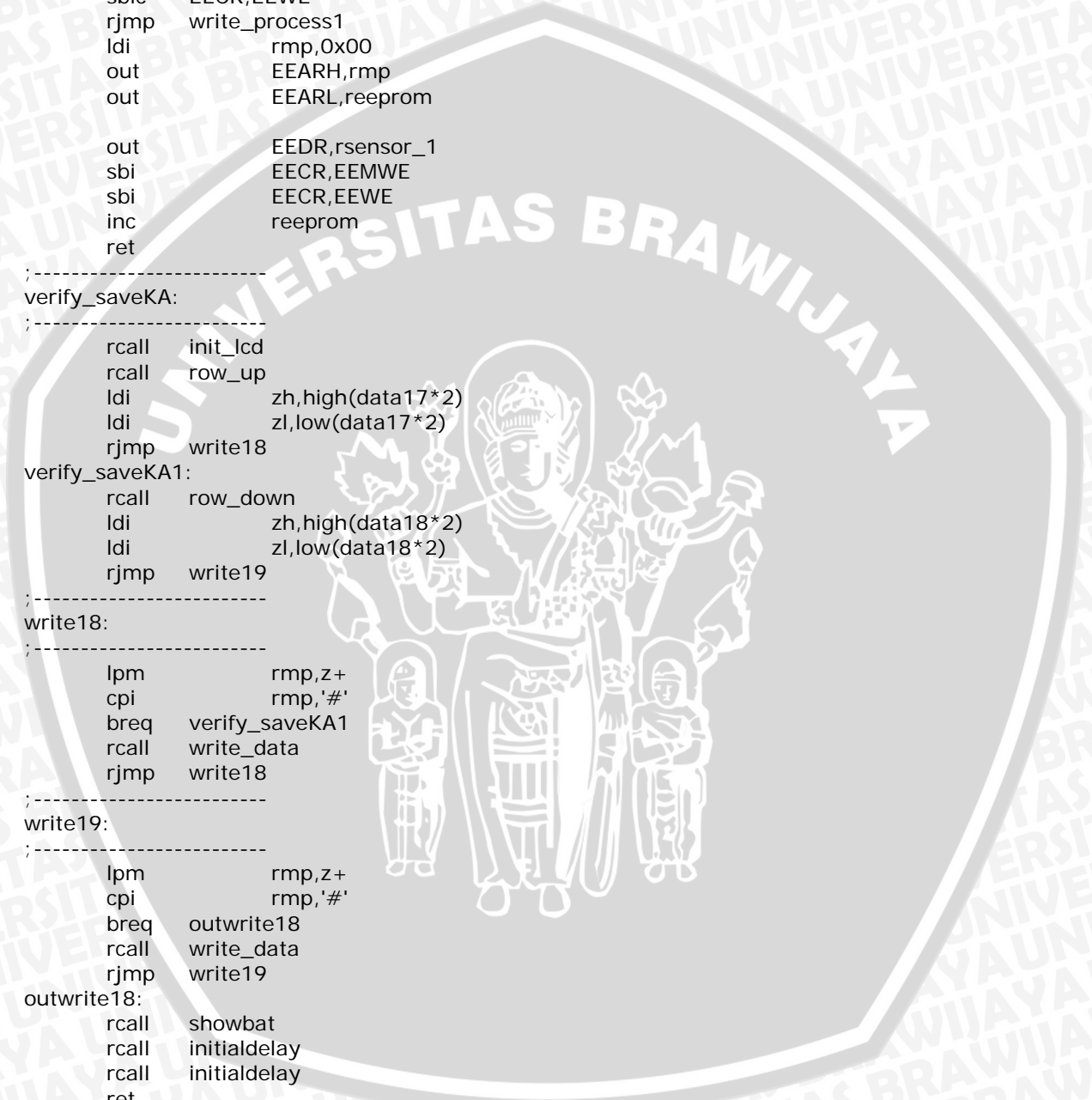
;-----
readKA:
;-----

```

```

dec      reeprom
dec      reeprom
sbic     EECR,EWE
rjmp    readKA
ldi      rmp,0x00
out      EEARH,rmp
out      EEARL,reeprom

```



```

sbi      EECR,EERE
in       rsensor,EEDR
inc      reeprom
readKA1:
sbic    EECR,EWE
rjmp    readKA1
ldi     rmp,0x00
out     EEARH,rmp
out     EEARL,reeprom
sbi     EECR,EERE
in      rsensor_1,EEDR
inc     reeprom

```

ret

-----  
write\_address:

```

sbic    EECR,EWE
rjmp    write_address
ldi     rmp,0x00
out     EEARH,rmp
ldi     rmp,0x64
out     EEARL,rmp

```

```

out     EEDR,reeprom
sbi     EECR,EEMWE
sbi     EECR,EWE
ret

```

-----  
read\_address:

```

sbic    EECR,EWE
rjmp    read_address
ldi     rmp,0x00
out     EEARH,rmp
ldi     rmp,0x64
out     EEARL,rmp
sbi     EECR,EERE
in      reeprom,EEDR

```

ret

-----  
erase\_eeprom:

```

sbic    EECR,EWE
rjmp    erase_eeprom
ldi     rmp,0x00
out     EEARH,rmp
mov     rmp,reeprom
out     EEARL,rmp

```

```

ldi     rmp,0xff
out     EEDR,rmp
sbi     EECR,EEMWE
sbi     EECR,EWE
ret

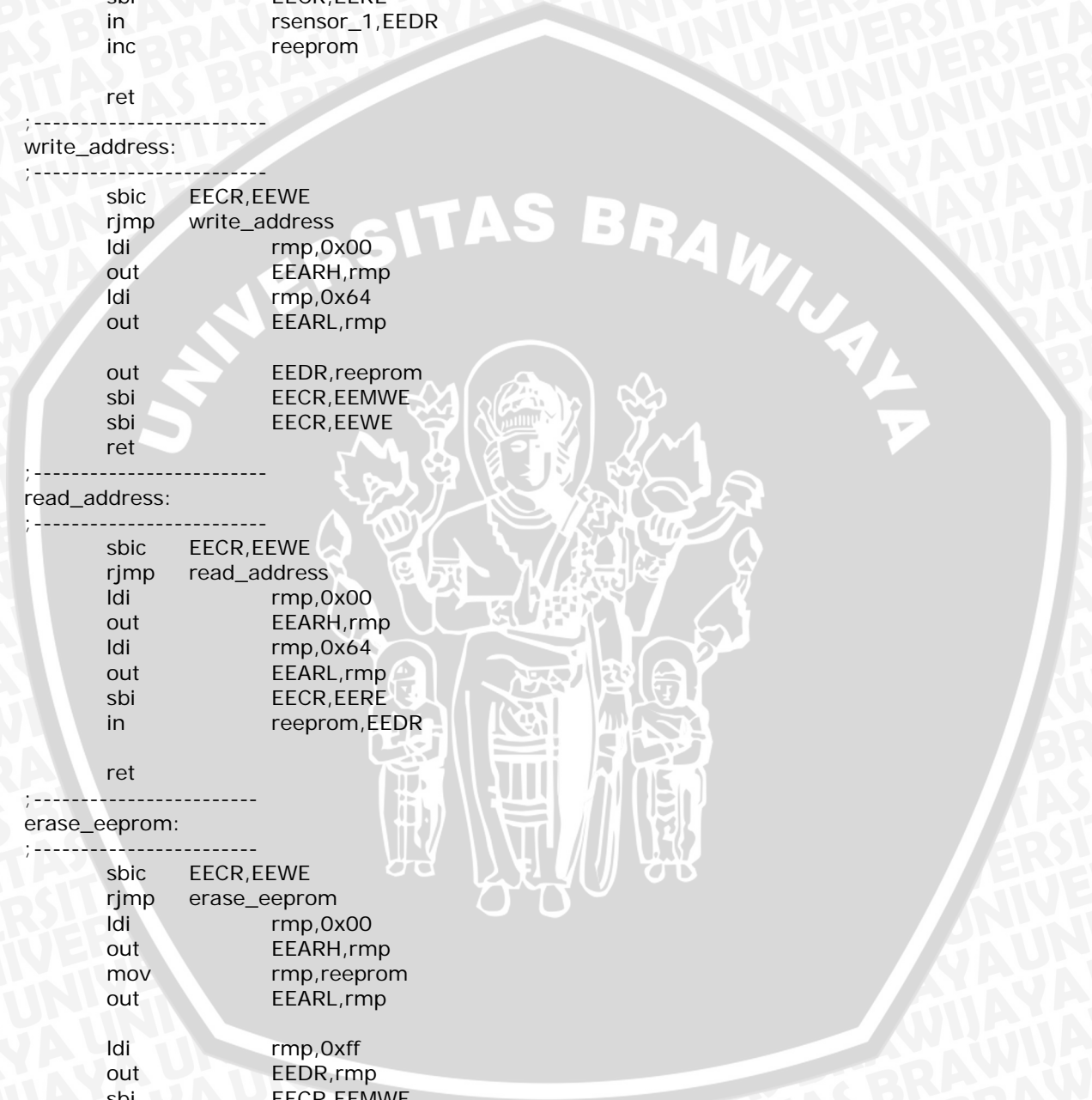
```

-----  
showsavaKA:

```

rcall   init_lcd
rcall   row_up
ldi     zh,high(data15*2)
ldi     zl,low(data15*2)
rjmp    write16

```



```

showsaveKA1:
    rcall    row_down
    ldi      zh,high(data16*2)
    ldi      zl,low(data16*2)
    rjmp    write17
ret
write16:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    showsaveKA1
    rcall    write_data
    rjmp    write16
write17:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    outwrite17
    rcall    write_data
    rjmp    write17
outwrite17:
    rcall    showbat
    rcall    initialdelay
    sbic     pinb,4
    rjmp    showsaveKA2
ret

```

```

;-----
showsaveKA2:
    sbic     pinb,2
    rjmp    showsaveKA
    rjmp    coffee
ret

```

```

;-----
check_write:
;-----

```

```

    rcall    read_address
    cpi      reeprom,0xff
    breq    initialeeprom
    cpi      reeprom,0x28
    brge    showfull_eeprom
ret

```

```

initialeeprom:
    ldi      reeprom,0x00
ret

```

```

;-----
showfull_eeprom:
    rcall    init_lcd
    rcall    row_up
    ldi      zh,high(data24*2)
    ldi      zl,low(data24*2)
    rjmp    write25

```

```

showfull_eeprom1:
    rcall    row_down
    ldi      zh,high(data25*2)
    ldi      zl,low(data25*2)
    rjmp    write26

```

```

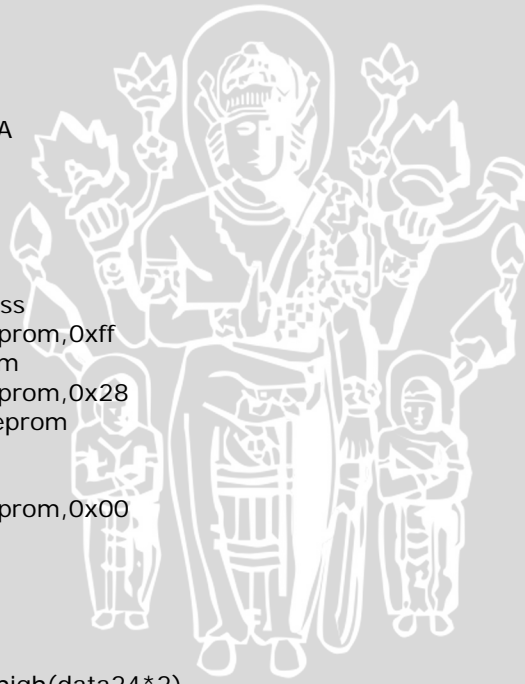
write25:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    showfull_eeprom1
    rcall    write_data
    rjmp    write25

```

```

write26:
    lpm      rmp,z+
    cpi      rmp,'#'
    breq    outwrite25

```





```

        rcall    write_data
        rjmp    write26
outwrite25:
        rcall    showbat
        rcall    initialdelay
        sbic    pinb,2
        rjmp    showfull_eeeprom
        rjmp    goeraseKA
        ret
;-----
goeraseKA:
        rjmp    goeraseKA1
;-----
goeraseKA1:
        rcall    init_lcd
        rcall    row_up
        ldi     zh,high(data10*2)
        ldi     zl,low(data10*2)
        rjmp    write31
goeraseKA2:
        rcall    row_down
        ldi     zh,high(data11*2)
        ldi     zl,low(data11*2)
        rjmp    write32
write31:
        lpm     rmp,z+
        cpi     rmp,'#'
        breq   goeraseKA2
        rcall    write_data
        rjmp    write31
write32:
        lpm     rmp,z+
        cpi     rmp,'#'
        breq   outwrite31
        rcall    write_data
        rjmp    write32
outwrite31:
        rcall    showbat
        rcall    initialdelay
        rcall    clear
        sbic    pinb,4
        rjmp    goeraseKA3
        rjmp    eraseKA
goeraseKA3:
        sbic    pinb,2
        rjmp    goeraseKA1
        rjmp    goukur
;-----
goukur:
        rcall    init_lcd
        rcall    row_up
        ldi     zh,high(data6*2)
        ldi     zl,low(data6*2)
        rjmp    write33
goukur1:
        rcall    row_down
        ldi     zh,high(data7*2)
        ldi     zl,low(data7*2)
        rjmp    write34
write33:
        lpm     rmp,z+
        cpi     rmp,'#'
        breq   goukur1
        rcall    write_data

```



```

    rjmp    write33
write34:
    lpm    rmp,z+
    cpi    rmp,'#'
    breq   outwrite33
    rcall  write_data
    rjmp   write34
outwrite33:
    rcall  showbat
    rcall  initialdelay
    rcall  clear
    sbic   pinb,4
    rjmp   goukur2
    rjmp   coffee
;-----

```

```

goukur2:
    sbic   pinb,2
    rjmp   goukur
    rjmp   goeraseKA
;-----

```

```

selectcoffee:
;-----
    rcall  checksensor
    rcall  rangesensor
    ret
;-----

```

```

showbat:
;-----
    rcall  checkbattery
    rcall  calculbattery
    rcall  convertbat
    rcall  lcdbat
    ret
;-----

```

```

showcoffee:
;-----
    rcall  convertcoffee
    rcall  showlcdcoffee
    ret
;-----

```

```

convertbat:
;-----
    ldi    rmp,0x30
    lds    rmp1,rsbat
    add   rmp1,rmp
    sts    rsbat,rmp1
;-----

```

```

    ldi    rmp,0x30
    lds    rmp1,rpbat
    add   rmp1,rmp
    sts    rpbat,rmp1
;-----

```

```

    ldi    rmp,0x30
    lds    rmp1,rrabat
    add   rmp1,rmp
    sts    rrabat,rmp1
;-----

```

```

convertcoffee:
;-----
    ldi    rmp,0x30
    lds    rmp1,rssensor
    add   rmp1,rmp
;-----

```



```

sts          rsensor,rmp1

ldi          rmp,0x30
lds         rmp1,rpsensor
add         rmp1,rmp
sts         rpsensor,rmp1

ldi          rmp,0x30
lds         rmp1,rrasensor
add         rmp1,rmp
sts         rrasensor,rmp1
ret

```

convertke:

```

ldi          rmp,0x30
lds         rmp1,rske
add         rmp1,rmp
sts         rske,rmp1

ldi          rmp,0x30
lds         rmp1,rpke
add         rmp1,rmp
sts         rpke,rmp1
ret

```

lcdbat:

```

ldi          rmp,0xcc
rcall       write_inst

lds         rmp,rrabat
rcall       write_data
lds         rmp,rpbat
rcall       write_data
lds         rmp,rsbat
rcall       write_data
ldi          rmp,0x25 ;show persent
rcall       write_data
ret

```

lcdke:

```

ldi          rmp,0x86
rcall       write_inst

lds         rmp,rpke
rcall       write_data
lds         rmp,rske
rcall       write_data
ret

```

positioncoffee:

```

ldi          rmp,0x89
rcall       write_inst
ret

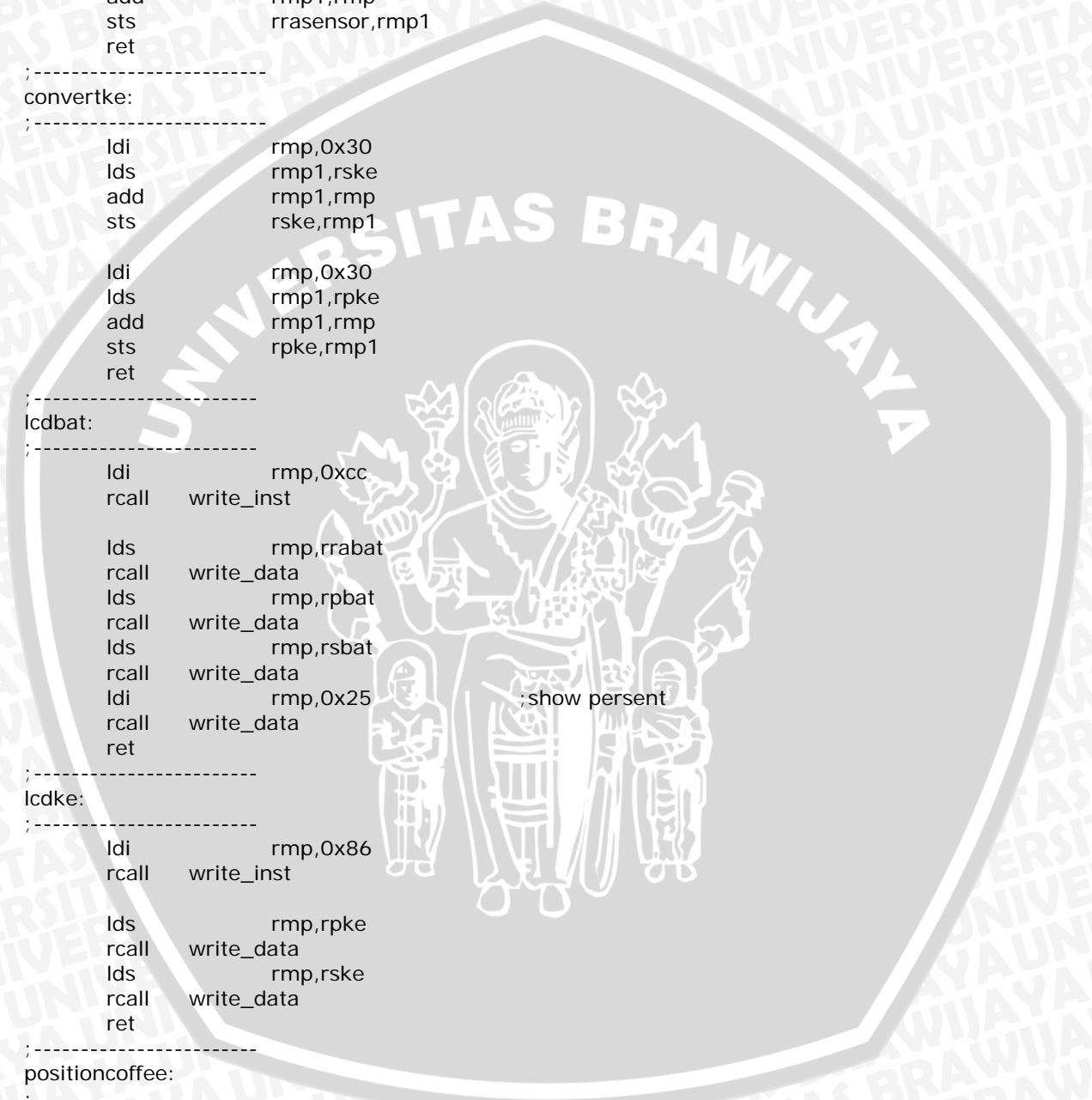
```

positioncoffee1:

```

ldi          rmp,0x83
rcall       write_inst
ret

```



```

;-----
lcdcoffee:
;-----
    lds            rmp,rrasensor
    rcall         write_data
    lds            rmp,rpsensor
    rcall         write_data
    ldi            rmp,0x2e                ;show point
    rcall         write_data
    lds            rmp,rssensor
    rcall         write_data
    ldi            rmp,0x25                ;show persent
    rcall         write_data

    ret
;-----

```

```

showlcdcoffee:
;-----
    rcall         clear
    rcall         init_lcd

    rcall         row_up
    ldi            zh,high(data12*2)
    ldi            zl,low(data12*2)
    rjmp          write13
;-----

```

```

write13:
;-----
    lpm            rmp,z+
    cpi            rmp,'#'
    breq          outwrite13
    rcall         write_data
    rjmp          write13
outwrite13:
    rcall         positioncoffee1
    rcall         lcdcoffee
    rcall         showbat
    rcall         initialdelay
    ret
;-----

```

```

showeeprom:
;-----
    rcall         clear
    rcall         init_lcd

    ldi            rmp,0xC0
    rcall         write_inst

    lds            rmp,rrasensor
    rcall         write_data
    lds            rmp,rpsensor
    rcall         write_data
    ldi            rmp,0x2e                ;show point
    rcall         write_data
    lds            rmp,rssensor
    rcall         write_data
    ldi            rmp,0x25                ;show persent
    rcall         write_data
    rcall         showbat
    ret
;-----

```



```

;-----
multiplication:
;-----
;.DEF rm1 = R0      ; Binary number to be multiplied (8 Bit)
;.DEF rmh = R1      ; Interim storage
;.DEF rm2 = R2      ; Binary number to be multiplied with (8 Bit)
;.DEF rel = R3      ; Result, LSB (16 Bit)
;.DEF reh = R4      ; Result, MSB

```

; Here we start with the multiplication of the two binaries  
; in rm1 und rm2, the result will go to reh:rel (16 Bit)

```

MULT8:
                ; Clear start values
    clr rmh      ; clear interim storage
    clr rel      ; clear result registers
    clr reh

```

; Here we start with the multiplication loop

```

MULT8a:
;
; Step 1          ; Rotate lowest bit of binary number 2 to the carry
;                  ; flag (divide by 2, rotate a zero into bit 7)
    clc          ; clear carry bit
    ror rm2      ; bit 0 to carry, bit 1 to 7 one position to
                  ; the right, carry bit to bit 7
;
; Step 2          ; Branch depending if a 0 or 1 has been rotated to the carry bit
    brcc MULT8b  ; jump over adding, if carry has a 0
;
; Step 3          ; Add 16 bits in rmh:rm1 to the result, with overflow from LSB to MSB
    add rel,rm1  ; add LSB of rm1 to the result
    adc reh,rmh  ; add carry and MSB of rm1
;
MULT8b:
; Step 4          ; Multiply rmh:rm1 by 2 (16 bits, shift left)
    clc          ; clear carry bit
    rol rm1      ; rotate LSB left (multiply by 2)
    rol rmh      ; rotate carry into MSB and MSB one left
;
; Step 5          ; Check if there are still one's in binary 2, if yes, go on multiplying
    tst rm2      ; all bits zero?
    brne MULT8a  ; if not, go on in the loop
    ret

```

```

;-----
subtraction:
;-----
    sub  R2,R4  ; first the low-byte
    sbc  R1,R3  ; then the high-byte
    ret
;-----

```

```

adding:
;-----
    ADD R2,R4  ; first add the two low-bytes
    ADC R1,R3  ; then the two high-bytes
    ret
;-----

```

```

division:
;-----
    clr  rd1u  ; clear interim register
    clr  reh   ; clear result (the result registers
    clr  rel   ; are also used to count to 16 for the
    inc  rel   ; division steps, is set to 1 at start)

```



```

div8a:
    clc                ; clear carry-bit
    rol    rd1l        ; rotate the next-upper bit of the number
    rol    rd1h        ; to the interim register (multiply by 2)
    rol    rd1u        ;
    brcs   div8b       ; a one has rolled left, so subtract
    cp     rd1u,rd2    ; Division result 1 or 0?
    brcs   div8c       ; jump over subtraction, if smaller

div8b:
    sub    rd1u,rd2    ; subtract number to divide with
    sec    ; set carry-bit, result is a 1
    rjmp   div8d       ; jump to shift of the result bit

div8c:
    clc                ; clear carry-bit, resulting bit is a 0

div8d:
    rol    rel         ; rotate carry-bit into result registers
    rol    reh         ;
    brcc   div8a       ; as long as zero rotate out of the result
    ; registers: go on with the division loop
    ; End of the division reached
    ret

;-----
initialdelay:
;-----
    ldi    rmp2,0xff
initialdelay1:
    rcall  delay_inst
    rcall  delay_inst
    dec    rmp2
    brne   initialdelay1
    ret

;-----
initialdelay2:
;-----
    ldi    rmp2,0x2f
initialdelay3:
    rcall  delay_inst
    dec    rmp2
    brne   initialdelay3
    ret

;-----
delay_data:
;-----
    ldi    rdelay,0x01
waitsome:
    ldi    rdelay1,0xaf
waitmore:
    dec    rdelay1
    brne   waitmore
    dec    rdelay
    brne   waitsome
    ret

;-----
delay_inst:
;-----
    ldi    rdelay,0x02
waitsome1:
    ldi    rdelay1,0xff
waitmore1:
    dec    rdelay1
    brne   waitmore1
    dec    rdelay
    brne   waitsome1
    ret

```



```

;-----
clear:
;-----
      clc
      cln
      clz
      ret
;-----
;DATA:
data:
.db" BURHANUDIN#"
data1:
.db" 0210630030#"
data2:
.db"Silahkn Recharge#"
data3:
.db"Baterai#"
data4:
.db"Low#"
data5:
.db"Baterai!#"
data6:
.db"Mengukur#"
data7:
.db"Kadar Air?#"
data8:
.db"Lihat#"
data9:
.db"Kadar Air?#"
data10:
.db"Hapus Semua#"
data11:
.db"Nilai KA?#"
data12:
.db"KA: #"
data13:
.db"Kadar Air>16%#"
data14:
.db"Kadar Air<8%#"
data15:
.db"Simpan#"
data16:
.db"Kadar Air?#"
data17:
.db"KA Berhasil#"
data18:
.db"Tersimpan#"
data19:
.db"KA ke- :#"
data20:
.db"Nilai KA#"
data21:
.db"Tidak Ada#"
data22:
.db"Berhasil#"
data23:
.db"Terhapus#"
data24:
.db"EEPROM#"
data25:
.db"Penuh#"
data26:
.db" ALAT PENGUKUR#"
data27:

```



.db" KADAR AIR#"  
data28:  
.db" BIJI KOPI#"  
.exit





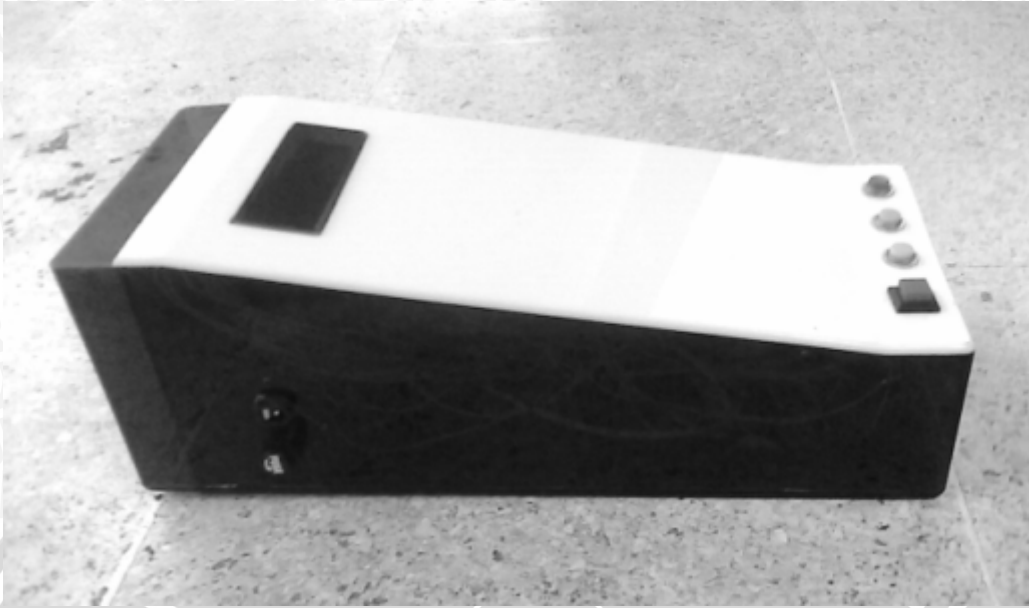
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**LAMPIRAN III**

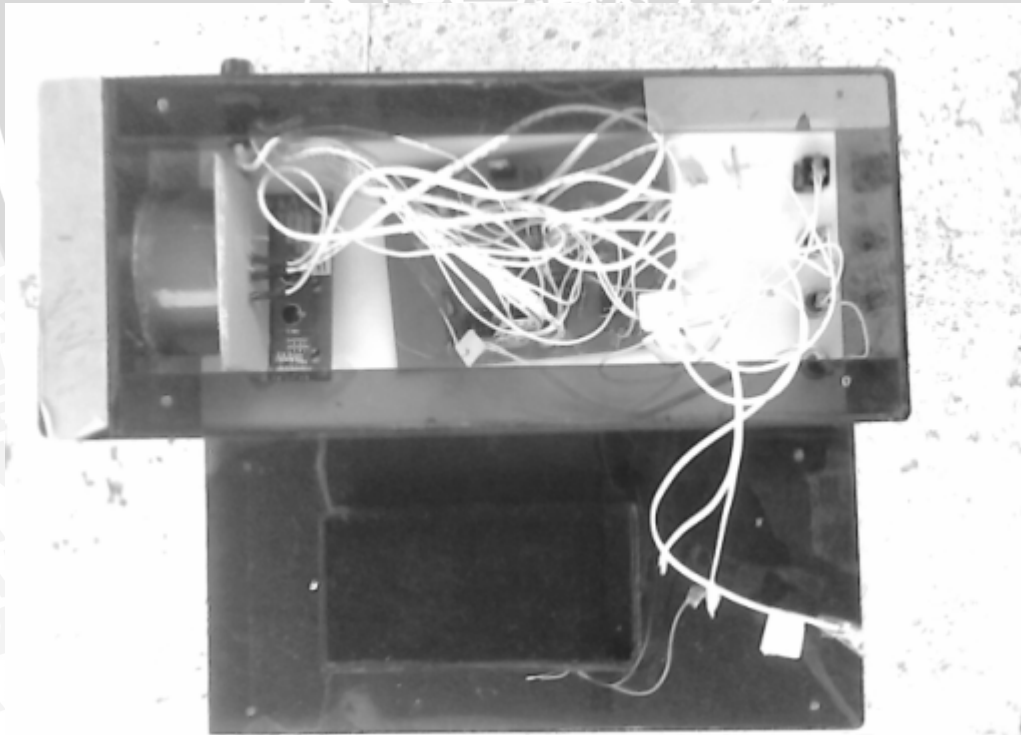
**FOTO ALAT**



**FOTO ALAT TAMPAK LUAR**



**FOTO ALAT TAMPAK DALAM**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**LAMPIRAN IV**  
**PETUNJUK PENGOPERASIAN ALAT**



## PETUNJUK PEMAKAIAN

### Cara Mengukur Kadar Air Biji Kopi

1. Masukkan sampel biji kopi pada lubang sensor dengan perlahan – lahan agar kerapatan biji kopi relatif seragam.
2. Nyalakan alat dengan menekan *tombol power* yang berwarna merah.
3. Pastikan LCD menampilkan karakter ”Mengukur Kadar Air?”
4. Tekan tombol enter yang berwarna hijau.
5. Amati hasil pengukuran yang ditampilkan pada LCD.

### Cara Menyimpan Nilai Kadar Air

1. Pada saat alat menampilkan nilai kadar air yang sedang diukur maka tekan *tombol pilih*.
2. Pastikan alat menampilkan karakter ”Simpan Kadar Air?”.
3. Tekan *tombol enter* dan pastikan alat menampilkan karakter ”KA Berhasil Tersimpan”.

### Cara Melihat Nilai Kadar Air yang Tersimpan pada EEPROM

1. Pastikan alat menyala dan menampilkan karakter ”Mengukur Kadar Air?”.
2. Tekan *tombol pilih* dan pastikan alat menampilkan karakter ”Lihat Kadar Air?”.
3. Tekan *tombol enter* untuk menampilkan nilai kadar air yang pertama kali disimpan, dengan cara menekan kembali *tombol enter* maka alat akan menampilkan nilai kadar air berikutnya.
4. Tekan *tombol reset* jika ingin keluar dari menu melihat nilai kadar air.

### Cara Menghapus Nilai Kadar Air yang Tersimpan pada EEPROM

1. Apabila alat menampilkan karakter “Mengukur Kadar Air?” maka tekan *tombol pilih* sebanyak dua kali.
2. Pastikan alat menampilkan karakter ”Hapus Semua Nilai KA?”
3. Tekan *tombol enter* yang berwarna hijau dan pastikan alat menampilkan karakter ”Berhasil Terhapus”.

1. Apabila alat menampilkan karakter "EEPROM Penuh" maka tekan *tombol pemilih*.
2. Pastikan alat menampilkan karakter "Hapus Semua Nilai KA?".
3. Tekan *tombol enter* dan pastikan alat menampilkan karakter "Berhasil Terhapus".



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**LAMPIRAN V**  
**FOTO COPY SURAT TELAH**  
**MELAKUKAN KALIBERASI**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**LAMPIRAN VI**

**DATASHEET KOMPONEN**

