

**PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR BESI DALAM  
AIR DENGAN METODE ABSORBSI  
SPEKTROFOTOMETRI**

**SKRIPSI**

Oleh :

**NIA FARICHA**

**NIM : 03540019**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MALANG  
MALANG  
2008**

**PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR BESI DALAM  
AIR DENGAN METODE ABSORBSI  
SPEKTROFOTOMETRI**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada :  
Universitas Islam Negeri Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Oleh :**

**NIA FARICHA  
NIM : 03540019**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MALANG  
MALANG  
2008**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR BESI DALAM  
AIR DENGAN METODE ABSORBSI  
SPEKTROFOTOMETRI**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**NIA FARICHA**  
NIM : 03540019

Disetujui oleh :

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Drs. M. Tirono, M. Si**  
NIP. 131 971 849

**Ahmad Barizi, M.A**  
NIP. 150 283 991

**Mengetahui**  
**Ketua Jurusan Fisika**  
**Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Malang**

**Drs. M. Tirono, M.Si**  
NIP. 131 971 849

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PEMBUATAN ALAT UKUR KADAR BESI DALAM  
AIR DENGAN METODE ABSORBSI  
SPEKTROFOTOMETRI**

**SKRIPSI**

Oleh :  
**NIA FARICHA**  
**NIM : 03540019**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan  
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

**Tanggal 11 Juli 2008**

**Susunan Dewan Penguji :**

**Tanda Tangan**

- |                           |                                       |                |
|---------------------------|---------------------------------------|----------------|
| <b>1. Penguji Utama</b>   | <b>: <u>Ahmad Abtokhi, M. Pd</u></b>  | <b>(.....)</b> |
|                           | <b>NIP 150 327 245</b>                |                |
| <b>2. Ketua Penguji</b>   | <b>: <u>Imam Tazi, M. Si</u></b>      | <b>(.....)</b> |
|                           | <b>NIP. 150 327 265</b>               |                |
| <b>3. Sekr. Penguji</b>   | <b>: <u>Drs. M. Tirono, M. Si</u></b> | <b>(.....)</b> |
|                           | <b>NIP. 131 971 849</b>               |                |
| <b>4. Anggota Penguji</b> | <b>: <u>Ahmad Barizi, M. A</u></b>    | <b>(.....)</b> |
|                           | <b>NIP. 150 283 991</b>               |                |

**Mengetahui dan Mengesahkan  
Ketua Jurusan Fisika**

**Drs. M. Tirono, M. Si**  
**NIP. 131 971 849**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

*Seiring do'a dan dukungannya, skripsi ini kupersembahkan untuk:*

*Kedua orang tuaku, Ibu Nadhiroh yang dengan ketulusannya selalu berjuang dan memberikan yang terbaik untukku, serta Bapak Abdul Munib (Alm) semoga petuah dan amanahnya selalu membimbingku, Amin.*

*Saudara-saudaraku, Ning Ifa, Ning Ana, Ning Izun, Ning Lely, Mas Sony, Ning Rieny, Dik Qq, mas & mbak iparku, dan semua keponakanku, kalian telah banyak memberikan warna dalam hidupku.*

*Seluruh Dosen Fisika UIN Malang yang telah memberikan banyak informasi tentang khazanah pengetahuan fisika.*

*Teman-teman fisika '03, specially MyBestFriend (luLUK'Koi, siVa, idhO', kiNaN, & LuLUK'M), kapan kita ngumpul lagi???? & Seluruh komunitas Fisika UIN Malang, buat fisika lebih NYENI,*

*UKM TaeKwon-Do & semua tae kwon-doIN UIN Malang yang telah memberi arti persaudaraan dan perjuangan. Tetap semangat, spirit & .....chAyO!!!!*

*Dan semua pihak baik yang Real maupun Abstrak, thank's buat semangat dan dukungannya.*

*THAnK'S For ALl*

## MOTTO

وَالَّذِي نَزَّلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَنْشَرْنَا بِهِ بَلْدَةً مَيِّتًا كَذَلِكَ

تُخْرَجُونَ ﴿١١﴾

*"Dan yang menurunkan air dari langit menurut kadar (yang diperlukan) lalu Kami hidupan dengan air itu negeri yang mati, seperti itulah kamu akan dikeluarkan (dari dalam kubur)".  
(Q.S. Az-Zukhruf/43:11).*



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji bagi Allah Swt yang senantiasa memberikan anugerah dan kenikmatan pada kehidupan manusia, khususnya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul **“Pembuatan Alat Ukur Kadar Besi dalam Air dengan Metode Absorpsi Spektrofotometri”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si).

Penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, iringan do'a dan ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, SU, DSc selaku Dekan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam (UIN) Malang.
3. Drs. M. Tirono, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri (UIN). Malang.
4. Drs. M. Tirono, M.Si selaku Dosen Pembimbing I yang dengan sabar senantiasa membimbing dan mengarahkan penulisan skripsi ini.
5. Ahmad Barizi, MA selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan agama pada penulisan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Fisika yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan dan informasi yang berhubungan dengan penulisan skripsi ini.

7. Orang tuaku, bapak ibu serta saudara-saudaraku yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun spirituil serta ketulusan do'anya, sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Teman-teman Fisika 2003 yang telah banyak memberikan dukungan, bantuan serta kerjasamanya selama penulisan skripsi ini.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dapat menambah khazanah ilmu pengetahuan. Amîn.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Malang, Juli 2008

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I : PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penulisan .....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	6
<b>BAB II : KAJIAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Spektrofotometri .....	7
2.2 Besi .....	8
2.3 Spektrum Warna .....	12
2.4 Hukum Lambert-Beer .....	15
2.5 Instrumen Spektrofotometri .....	16
2.5.1 Sumber Radiasi .....	17
2.5.2 Monokromator.....	17
2.5.3 Tempat Cuplikan.....	17
2.5.4 Detektor.....	18
2.6 Penguat Operasi .....	18
2.7 ADC .....	19
2.8 Mikrokontroler AT89S51 .....	20

2.8.1 Arsitek Mikrokontroler AT89S51 .....	20
2.8.2 Pin-pin Mikrokontroler AT89S51 .....	23
2.8.3 Rangkaian Osilator.....	25
2.8.4 Memori Data Internal.....	25
2.8.5 Memori Data Eksternal .....	26
2.8.6 Register Fungsi Khusus (SFR).....	27
2.9 LCD (Liquid Crystal Display) .....	29
2.10 Kerangka Konseptual.....	31
<b>BAB III : METODE PENELITIAN.....</b>	<b>33</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	33
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.3 Pembuatan Alat.....	33
3.3.1 Sistem Mekanik .....	33
3.3.2 Sistem Elektronika .....	35
3.3.2.1 Penyusunan Rangkaian Op-Amp .....	35
3.3.2.2 Penyusunan Rangkaian ADC.....	36
3.3.2.3 Penyusunan Rangkaian MCU AT89S51 .....	38
3.3.2.4 Penyusunan Rangkaian LCD .....	39
3.3.2.5 Pembuatan Perangkat Lunak.....	40
3.4 Pembuatan Larutan Sampel .....	43
3.5 Teknik Pengambilan Data.....	43
3.5.1 Pengujian Perangkat Elektronik.....	43
3.5.1.1 Tujuan .....	43
3.5.1.2 Proses Pengambilan Data.....	44
3.5.2 Pengujian Sistem Keseluruhan .....	44
3.5.2.1 Tujuan .....	44
3.5.2.2 Proses Pengambilan Data.....	44
3.6 Teknik Analisis Data.....	45
3.6.1 Sistem Elektronik.....	45
3.6.2 Sistem Keseluruhan .....	45

<b>BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	46
4.1.1 Pengujian Sistem Elektronik.....	46
4.1.2 Pengujian Sistem Keseluruhan .....	47
4.2 Analisa Data.....	49
4.2.1 Sistem Elektronik.....	49
4.2.2 Sistem Keseluruhan .....	50
4.3 Pembahasan .....	51
4.3.1 Sistem Elektronik.....	51
4.3.2 Sistem Keseluruhan .....	52
<b>BAB V : PENUTUP .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>55</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Warna dan Panjang Gelombang.....	14
Tabel 2.2 Fungsi Alternatif Port 3 .....	24
Tabel 2.3 Bank Register.....	28
Tabel 2.4 Pin-pin LCD & Konfigurasinya.....	30
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sistem Elektronik .....	47
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan.....	48



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Spektrum Warna Cahaya.....	14
Gambar 2.2 Instrumen Spektrofotometri .....	16
Gambar 2.3 ADC 0804 .....	20
Gambar 2.4 Arsitektur MCU AT89S51 .....	22
Gambar 2.5 Pin Diagram AT89S51 .....	23
Gambar 2.6 Rangkaian Oscillator AT89S51 .....	25
Gambar 2.7 LCD M1632 .....	30
Gambar 2.8 Diagram Konseptual.....	32
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Mekanik.....	34
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Elektronik .....	35
Gambar 3.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal.....	36
Gambar 3.4 Rangkaian ADC .....	37
Gambar 3.5 Rangkaian MCU AT89S51 .....	38
Gambar 3.6 Rangkaian LCD.....	40
Gambar 3.7 Diagram Alur Program.....	42
Gambar 3.8 Rangkaian Pengujian Sistem Elektronik.....	44
Gambar 4.1 Regresi Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan.....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rangkaian Sistem Keseluruhan.....	57
Lampiran 2 Listing Program.....	58
Lampiran 3 Foto alat.....	62
Lampiran 4 Data Sheet Komponen.....	63



## ABSTRAK

**Faricha, Nia.** 2008. **Pembuatan Alat Ukur Kadar Besi Dalam Air Dengan Metode Absorpsi Spektrofotometri**, Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Malang. Dosen Pembimbing: Drs. M. Tirono, M.Si dan Ahmad Barizi, MA.

---

**Kata Kunci:** Besi, Absorpsi Spektrofotometri, Intensitas Cahaya

Besi merupakan salah satu unsur yang terdapat dalam air. Al-Qur'an menjelaskan tentang besi sebagai berikut: "Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa", (QS. Al-Hadîd/57:25). Kadar besi yang melebihi standar akan dapat berpengaruh buruk pada kesehatan manusia. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk membuat alat ukur kadar besi dalam air dengan metode absorpsi spektrofotometri menggunakan instrumen fotometri dan menentukan tingkat akurasi alat.

Alat ukur ini terdiri dari 2 sistem, yaitu sistem optik dan sistem elektronik. Sistem optik terdiri dari lampu halogen sebagai sumber cahaya, filter cahaya warna hijau ( $\lambda = \pm 510$  nm), kuvet sebagai tempat sampel, serta LDR sebagai sensor cahaya. Sedangkan sistem elektronik meliputi rangkaian pengkondisi sinyal, ADC 0804, MCU AT89S51, serta LCD sebagai display penampil. Sampel yang digunakan sebanyak 11 sampel dengan range kadar besi 0–10%. Pembuatan larutan sampel dilakukan dengan metode pengenceran.

Pengambilan data pada sistem elektronik dilakukan dengan memberikan tegangan variabel pada sistem dan diamati tegangan keluarannya. Sedangkan pengambilan data untuk sistem keseluruhan dilakukan dengan pengukuran sampel yang telah diketahui kadar besinya secara perhitungan, kemudian diukur dengan alat ukur kadar besi dalam air.

Analisis data untuk sistem elektronik dilakukan dengan mencari prosentase penyimpangan rata-rata pada data hasil pengujian. Dan untuk analisis data pada sistem keseluruhan dilakukan dengan mencari prosentase kesalahan relatif (KR) rata-rata pada data hasil pengujian. Data hasil pengujian pada sistem elektronik menunjukkan bahwa prosentase penyimpangannya sebesar 1.27%. Sedangkan hasil pengujian pada sistem keseluruhan dengan menggunakan 11 sampel buatan menunjukkan bahwa prosentase kesalahan relatif (KR) sebesar 1.11%.

## ABSTRACT

**Faricha, Nia.** 2008. **Construction Measuring Instrument Of Iron Content In The Water With Absorption Spectrophotometry Method.** Thesis. Physic Departement. Science And Technology Faculty. The State Islamic Of Malang. Advisor: Drs. M. Tirono, M.Si And Ahmad Barizi, MA.

---

**Key Words:** Iron, Absorption Spectrophotometry, Light Intensity

Iron is one elements of water. Al-Qur'an has explained about iron: "And We create the iron that has super power ability and also has many advantages to human life, so that Allah knows whoever help His religion and His prophets although He doesn't seen it. In fact Allah is the strongest and the powerful" (QS. Al-Hadîd/57:25). Iron content which exceed standard will bring bad effect to the human healthy. The purpose of this research are construct measuring instrument of iron content in the water with absorption spectrophotometry method use photometry instrument and to determine level of instrument accuracy.

This measuring instrument consists of 2 systems; optical system and electronic system. Optical system consists of halogen lamp which is as source of light, green optical filter ( $\lambda = \pm 510$  nm), cuvet is as sample place, and LDR as light censor. Whereas electronic system consists of signal preparation, ADC 0804, MCU AT89S51, and LCD as presenting display. It uses 11 samples which have range of iron content between 0–10%. Production of samples solution uses dilution method.

Data collection from electronic system is done by giving variable voltage on system and watching the output voltage. Whereas collecting data from the hole system is done by measuring samples which have been known their iron content with calculation, then it is measured by measuring instrument of iron content in the water.

Data analysis for electronic system is done by seeking out the percentage of average deviation on the result data of examination. And data analysis of the hole system is done by seeking out percentage of the average relative misscalculate on the result data of examination. The result data of examination on electronic system indicate that percentage of deviation is 1.27%. Whereas result of examination on the hole system by using 11 artificial samples indicate that percentage of relative misscalculate is 1.11%.

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1. LATAR BELAKANG

Air merupakan elemen yang paling melimpah di bumi. Namun hanya sebagian kecil saja dari jumlah ini yang benar-benar dimanfaatkan, yaitu kira-kira hanya 0,003%. Sebagian besar air, kira-kira 97% ada dalam samudra atau laut dan kadar garamnya terlalu tinggi untuk kebanyakan keperluan. Dari 3% sisanya yang ada, hampir semuanya, kira-kira 87% tersimpan dalam lapisan kutub atau sangat dalam di bawah tanah (Middleton, 2007). Allah berfirman dalam Al-Qur'an sebagai berikut:

اللَّهُ الَّذِي خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجَ بِهِ مِنْ الثَّمَرَاتِ رِزْقًا لَكُمْ وَسَخَّرَ لَكُمْ الْفُلْكَ لِتَجْرِيَ فِي الْبَحْرِ بِأَمْرِهِ وَسَخَّرَ لَكُمْ الْأَنْهَارَ

*Artinya: “Allah-lah yang telah menciptakan langit dan bumi dan menurunkan air hujan dari langit, kemudian Dia mengeluarkan dengan air hujan itu berbagai buah-buahan menjadi rizki untukmu; dan Dia telah menundukkan bahtera bagimu supaya bahtera itu berlayar di lautan dengan kehendak-Nya, dan Dia telah menundukkan (pula) bagimu sungai-sungai”.*(QS. Ibrâhîm/14:32).

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah Swt menciptakan segala sesuatu yang ada di bumi adalah diperuntukkan untuk manusia. Di sini Allah dengan sebeb-bebasnya memberikan kesempatan kepada manusia untuk mengkonsumsi dan memanfaatkan apa saja yang ada di bumi, tentunya dengan tetap merawat serta menjaga kelestarian dan keseimbangan alam, termasuk dalam hal ini adalah

air. Semua makhluk hidup memerlukan air untuk bisa bertahan hidup. Pemanfaatan air dengan teknologi tepat guna akan sangat membantu kelangsungan hidup makhluk hidup, khususnya manusia. Manusia sangat membutuhkan air agar dapat bertahan hidup, baik untuk konsumsi air minum, keperluan rumah tangga, keperluan industri, dan lain sebagainya. Allah berfirman dalam Al-Qur'an sebagai berikut:

وَالَّذِي نَزَّلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً بِقَدَرٍ فَأَنْشَرْنَا بِهِ بَلْدَةً مَيِّتًا كَذَلِكَ تُخْرَجُونَ

*Artinya: "Dan yang menurunkan air dari langit menurut kadar (yang diperlukan) lalu Kami hidupkan dengan air itu negeri yang mati, seperti itulah kamu akan dikeluarkan (dari dalam kubur)". (QS. Az-Zukhruf/43:11).*

Ayat di atas menjelaskan bahwa Allah Swt telah menciptakan dan menurunkan air sesuai dengan ukuran dan kadarnya, baik dalam segi kuantitasnya maupun kualitasnya sehingga bisa dimanfaatkan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Air yang telah berubah kadar/ukuran unsur-unsur penyusunnya akan mendatangkan akibat atau pengaruh yang kurang baik bagi konsumennya.

Semua orang berharap bahwa seharusnya air diperlakukan sebagai bahan yang sangat bernilai, dimanfaatkan secara bijak dan dijaga terhadap pencemaran. Namun kenyataannya air selalu dihambur-hamburkan, dicemari dan disia-siakan. Hampir setengah penduduk dunia dan sebagian besar di negara-negara berkembang, menderita berbagai penyakit yang diakibatkan oleh kekurangan air, atau oleh air yang tercemar.

Pencemaran yang ada dalam air tak bisa lepas dari ulah manusia sendiri, sikap hidup manusia yang kurang memperhatikan keseimbangan alam pada

akhirnya akan dapat menimbulkan kerusakan unsur alam. Hal ini telah termuat dalam Al-Qur'an:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا  
لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ

*Artinya : "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia. Supaya Allah merasakan kepada mereka akibat perbuatan mereka agar mereka kembali ke jalan yang benar".(QS. Ar-Rûm/30:41)*

Dalam ayat sebagaimana tersebut di atas, Allah Swt menerangkan bahwa banyak kerusakan yang terjadi di alam ini terjadi karena ulah perbuatan manusia yang kurang bertanggung jawab. Termasuk dalam hal ini kerusakan yang terjadi di air (pencemaran air). Indikator dari pencemaran air ialah adanya polutan. Polutan dapat berupa adanya bakteri, unsur-unsur kimia, serta adanya unsur logam.

Salah satu polutan logam yang ditemukan dalam air adalah besi. Air yang kita konsumsi pastilah mengandung unsur besi dengan kadar yang berbeda-beda. Tubuh manusia memang membutuhkan elemen besi dengan kadar tertentu, tetapi kadar besi yang terlalu banyak dalam tubuh akan dapat mengakibatkan berjangkitnya penyakit. Organ tubuh yang mengandung besi dapat terpengaruh oleh pengkaratan besi, yang akan mengakibatkan organ tubuh menjadi kurang optimal dalam bekerja. Darah yang mengandung unsur besi yang terlalu banyak tidak akan bisa mengikat oksigen dengan baik, sehingga akan sangat berdampak bagi kesehatan manusia.

Sekarang ini banyak terdapat metode pengukuran untuk mengetahui kadar atau kuantitas suatu unsur. Di antaranya metode-metode pengukuran tersebut

adalah spektrometri, titrasi, kolorimetri dan lain sebagainya, dimana masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam hal efektivitas dan efisiensi. Penggunaan metode pengukuran tentunya harus disesuaikan dengan obyek yang akan diukur kuantitasnya. Pengukuran kadar unsur dalam air dapat menggunakan metode-metode tersebut, akan tetapi harus dipertimbangkan efektivitas dan efisiensinya.

Metode pengukuran kadar besi dalam air pada penelitian ini menggunakan metode absorpsi spektrofotometri. Metode ini tergolong metode yang cukup sederhana, analisa yang dilakukan relatif cepat, serta sampel yang dianalisa dalam jumlah yang kecil. Sekarang ini, spektrofotometer yang beredar di pasaran sangatlah mahal dan hanya kalangan tertentu saja yang bisa menggunakannya, sehingga banyak orang kurang bisa memanfaatkan alat tersebut. Oleh karena itu, penulis bermaksud untuk membuat spektrofotometer pengukur kadar besi dalam air yang lebih sederhana, murah, serta mudah untuk digunakan.

## **1.2. RUMUSAN MASALAH**

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

- a) Bagaimana membuat alat pengukur kadar besi dalam air dengan metode absorpsi spektrofotometri menggunakan instrumen fotometri ?
- b) Seberapa besar tingkat akurasi alat pengukur kadar besi dalam air dengan metode absorpsi spektrofotometri menggunakan instrumen fotometri ?

### **1.3. TUJUAN**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk :

1. Membuat suatu alat untuk mengukur kadar besi dalam air dengan metode absorpsi spektrofotometri menggunakan instrumen fotometri
2. Menentukan tingkat akurasi alat pengukur kadar besi dalam air dengan metode absorpsi spektrofotometri menggunakan instrumen fotometri

### **1.4. MANFAAT**

Hasil dari penelitian ini diharapkan:

1. Menghasilkan suatu alat ukur kadar besi dalam air yang mudah dan praktis untuk digunakan.
2. Menghasilkan suatu alat ukur kadar besi dalam air yang memiliki tingkat ketelitian yang cukup baik.

### **1.5. BATASAN MASALAH**

- a. Metode pengukuran yang digunakan adalah absorpsi spektrofotometri.
- b. Tidak membahas konsep pengukuran kadar besi dalam air dengan analisis kimia.
- c. Tidak membahas sifat dan karakteristik gelombang cahaya.
- d. Jangkauan pengukuran antara 0.00 – 10 %
- e. Tidak membahas rangkaian catu daya.
- f. Aplikasi Mikrokontroler menggunakan MCU AT89S51

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 SPEKTROFOTOMETRI

Spektrofotometri merupakan suatu metode pengukuran yang mempelajari interaksi antara atom atau molekul dengan radiasi elektromagnetik, berdasarkan fakta bahwa substansi kimia secara selektif menghamburkan (*scatter*), menyerap (*absorb*) atau mengemisi (*emit*) energi elektromagnetik pada panjang gelombang yang berbeda-beda. Pada sebagian besar laboratorium, panjang gelombang yang digunakan dalam range ultraviolet (200 - 400 nm), sinar tampak (400 – 700 nm), atau cahaya yang mendekati inframerah (700 – 800 nm). Namun sebagian besar instrumen dioperasikan dalam range panjang gelombang sinar tampak (Khopkar, 1990:191). Spektrofotometer terdiri atas spektrometer untuk menghasilkan cahaya dengan panjang gelombang terseleksi serta suatu fotometer yaitu piranti untuk mengukur intensitas berkas cahaya monokromatik.

Bila cahaya jatuh pada suatu senyawa, maka sebagian dari cahaya tersebut akan diserap oleh molekul-molekul sesuai dengan struktur dari molekul itu sendiri. Setiap senyawa mempunyai tingkatan tenaga yang spesifik. Bila cahaya mempunyai tenaga yang sama dengan perbedaan tenaga antara tingkatan dasar dan tenaga tingkatan tereksitasi pada senyawa, maka elektron-elektron pada tingkatan dasar dieksitasikan ke tingkatan tereksitasi, dan sebagian tenaga cahaya yang sesuai dengan panjang gelombang ini diserap. Elektron yang tereksitasikan

melepaskan tenaga dengan proses radiasi panas dan kembali ke tingkatan dasar asal (Hardjono S, 1991:8-9).

## 2.2 BESI

Fenomena alam semesta merupakan salah satu di antara fenomena yang paling sering disebut dalam Al-Qur'an. Ayat-ayat Al-Qur'an yang berbicara mengenai alam semesta tersebut merupakan informasi sains yang harus terus digali dan dikembangkan. Besi merupakan salah satu fenomena alam semesta yang secara khusus dinyatakan dalam Al-Qur'an:

لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنْزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾

*Artinya: "Sesungguhnya Kami telah mengutus rasul-rasul Kami dengan membawa bukti-bukti yang nyata dan telah Kami turunkan bersama mereka Al Kitab dan neraca (keadilan) supaya manusia dapat melaksanakan keadilan. dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)-Nya dan rasul-rasul-Nya padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha Kuat lagi Maha Perkasa".(QS. Al-Hadid/57:25).*

Kata "anzalnâ" yang berarti "Kami turunkan" khusus digunakan untuk besi dalam ayat ini, dapat diartikan secara kiasan untuk menjelaskan bahwa besi diciptakan untuk memberi manfaat bagi manusia. Tapi ketika kita mempertimbangkan makna harfiah kata ini, yakni "secara bendawi diturunkan dari langit", kita akan menyadari bahwa ayat ini memiliki keajaiban ilmiah yang



Dari konfigurasi elektron di atas, maka dapat diketahui bahwa bilangan kuantum utama (  $n$  ) dari Fe dalam air adalah 1, 2, 3, dan bilangan kuantum utama pada kulit terluar adalah 3. Fe (besi) dalam air mempunyai pita valensi (  $l$  ) sebesar 0, 1, 2. hasil itu diperoleh dari rumus sebagai berikut:

$$l = (n-1)$$

Dan diperoleh nilai panjang gelombang (Beisher: 120):

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1} \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 0,152 \cdot 10^7$$

$$\lambda = \frac{1}{0,152 \cdot 10^7}$$

$$\lambda = 6,56 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$\lambda = 656 \cdot 10^{-9} \text{ m} = 656 \text{ nm.}$$

Dimana energi gab pada tiap bilangan kuantum adalah :

$$\begin{aligned} E_{n_2} &= \frac{-hcR}{n^2} \\ &= \frac{-6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,097 \cdot 10^7}{2^2} \\ &= -5,45 \cdot 10^{-19} \text{ Joule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{n_3} &= \frac{-hcR}{n^2} \\
 &= \frac{-6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 1,097 \cdot 10^7}{3^2} \\
 &= -2,42 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \Delta E &= E_{n_3} - E_{n_2} \\
 &= -2,42 \cdot 10^{-19} - (-5,45 \cdot 10^{-19}) \\
 &= 3,03 \cdot 10^{-19} \text{ Joule}
 \end{aligned}$$

Di alam, besi terdapat dalam bentuk senyawa. Salah satunya dalam bentuk  $\text{FeCl}_3$ .  $\text{FeCl}_3$  merupakan senyawa kompleks (senyawa yang pembentukannya melibatkan pembentukan ikatan kovalent koordinasi antara ion logam atau atom logam dengan atom nonlogam). Dalam senyawa tersebut banyaknya atom yang diikat oleh atom lain bergantung pada kapasitas gabung (*combining capacity*) atau valensi dari masing-masing atom yang berikatan. Valensi atom besi adalah 2 dan 3, sehingga besi dan klorin dapat membentuk dua senyawa klorida, yaitu  $\text{FeCl}_2$  dan  $\text{FeCl}_3$  (Effendy. 2007:3). Secara fisik,  $\text{FeCl}_3$  berbentuk padatan (solid) dan berwarna coklat kehitaman.  $\text{FeCl}_3$  larut dalam air, alkohol, glyserol, methanol, dan ether.  $\text{FeCl}_3$  dapat menyebabkan iritasi yang kuat pada kulit (Sax-Lewis:512).

### 2.3 SPEKTRUM WARNA

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ ثَمَرَاتٍ مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهَا وَمِنَ الْجِبَالِ جُدَدٌ بَيْضٌ وَحُمْرٌ مُخْتَلِفٌ أَلْوَانُهَا وَغَرَابِيبُ سُودٌ

Artinya: "Tidakkah kamu melihat bahwasanya Allah menurunkan hujan dari langit lalu Kami hasilkan dengan hujan itu buah-buahan yang beraneka macam warnanya. Dan di antara gunung-gunung itu ada garis-garis putih dan merah yang beraneka macam warnanya dan ada (pula) yang hitam pekat".(QS. Fâthir/35:27).

Dalam ayat Al-Qur'an di atas terdapat ajakan untuk merenungkan alam raya yang begitu indah supaya kelompok ilmuwan yang benar-benar menyembah Allah merenungkannya dan mengetahui keMahakuasaan-Nya melalui sains yang metodologis dan benar (Pasya, 2004:94).

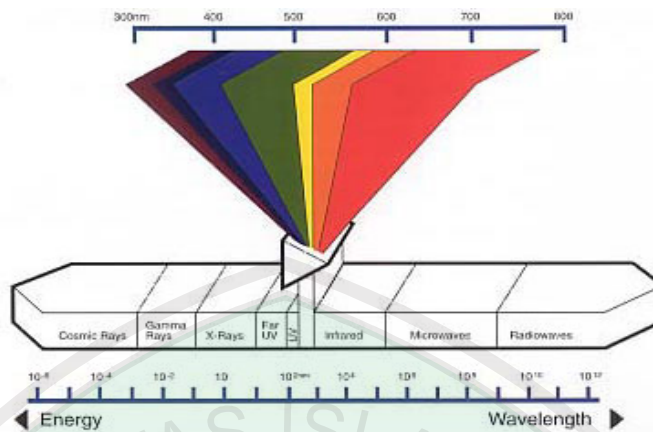
Kata (بيض) *bîdh* adalah bentuk jamak dari kata (أبيض) *abyadh* yang artinya putih; kata (حمر) *humur* adalah bentuk jamak dari kata (أحمر) *ahmar* yang artinya merah; kata (سود) *sûd* adalah bentuk jamak dari kata (أسود) *aswad* yang artinya hitam. Adapun kata (غرابيب) *gharâbîb* adalah bentuk jamak dari kata (غريب) *ghirbîb* yang artinya pekat (sangat) hitam. Sebenarnya istilah yang lumrah dipakai adalah (سود غرابيب) *sûd gharâbîb* yang artinya hitam pekat, tetapi Predaksi ayat ini membalikinya untuk menggambarkan kerasnya kepekatan itu (Shihab, 2005:464).

Ayat tersebut di atas merupakan salah satu bukti kuasa Allah Swt yang telah menciptakan sesuatu yang berbeda bentuknya dari satu unsur yaitu air (*mâ'an*) yang diturunkan-Nya dari langit. Dengan air itu, Dia mengeluarkan buah-

buah dengan warna yang berbeda (ألونها مختلفا ثمرت), begitu juga dengan rasa dan baunya yang berbeda pula. Kemukjizatan ayat ini dari segi ilmu pengetahuan juga tampak ketika ia menyebutkan bahwa warna gunung yang bermacam-macam itu disebabkan oleh materi yang terkandung di dalamnya. Jika materinya besi, maka warna dominannya adalah merah; jika materinya kapur, maka warna dominannya adalah putih; jika materinya batubara, maka warna dominannya adalah hitam, dan seterusnya. Beragamnya warna buah-buahan dan pegunungan menunjukkan bahwa Allah menciptakan semuanya itu dengan keindahan, dan semuanya itu adalah untuk kemudahan dan kemanfaatan umat manusia (Shihab, 2005:464).

Kata-kata garis putih dan merah (*bîdh wa humur*) yang beraneka macam warnanya merupakan fenomena alam yang sudah terlebih dahulu diungkapkan dalam Al-Qur'an, kemudian disempurnakan dengan penemuan Isaac Newton pada tahun 1665 tentang spektrum cahaya tampak. Teori spektrum cahaya semakin mantap dengan dibuktikannya ciri panjang gelombang untuk masing-masing spektrum.

Cahaya merupakan salah satu bentuk gelombang elektromagnetik. Gambar di bawah menunjukkan spektrum cahaya dalam spektrum gelombang elektromagnetik secara keseluruhan. Cahaya ultraviolet (UV) berada pada daerah panjang gelombang dari 100 sampai 380 nm. Cahaya tampak (visible, Vis) berada pada daerah panjang gelombang dari 380 sampai 800 nm seperti ditunjukkan dalam gambar 2.1 (<http://sentrabd.com/main/info/Insight/Cahaya.htm>):



Gambar 2.1.  
Spektrum Warna Cahaya

Cahaya yang dapat dilihat oleh manusia disebut cahaya tampak. Biasanya cahaya terlihat merupakan campuran dari cahaya yang mempunyai berbagai panjang gelombang, dari 400 nm hingga 700 nm. Hubungan antara warna pada cahaya tampak dengan panjang gelombang dapat dilihat pada tabel berikut (Hardjono, 1991:7):

Tabel 2.1 Tabel Hubungan Warna Dan Panjang Gelombang  
Sumber: Hardjono, 1991: 8

Panjang Gelombang (nm)	Warna
400-435	Violet
435-480	Biru
480-490	Biru kehijauan
490-500	Hijau kebiruan
500-560	Hijau
560-580	Hijau kekuningan
595-610	Jingga
610-680	Merah
680-700	Ungu kemerahan

## 2.4 HUKUM LAMBERT-BEER

Hukum Lambert-Beer merupakan hukum yang mendasari metode absorpsi spektrofotometri. Apabila suatu berkas dengan intensitas  $I_0$  melewati suatu larutan, maka sebagian sinar akan diserap sehingga intensitas radiasi yang diteruskan  $I$  menjadi lebih kecil dari  $I_0$  (Hayati, 2007) :

$$T = \frac{I}{I_0} \quad T = \text{Transmittan (\%)}$$

Hukum Lambert-Beer menunjukkan hubungan sebagai berikut (Khopkar, 1990:195):

$$T = \frac{I}{I_0} = 10^{-abc}$$

$$\text{Log}(T) = \log\left(\frac{I}{I_0}\right) = -abc$$

$$\text{Log}\left(\frac{1}{T}\right) = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = abc = A$$

Dimana:

$I$  = intensitas sinar yang diteruskan

$I_0$  = intensitas sinar awal

$T$  = transmitansi (%)

$A$  = absorbansi

$a$  = tetapan absorpsifitas

$b$  = jarak tempuh optik

$c$  = konsentrasi

Hukum di atas dapat ditinjau sebagai berikut:

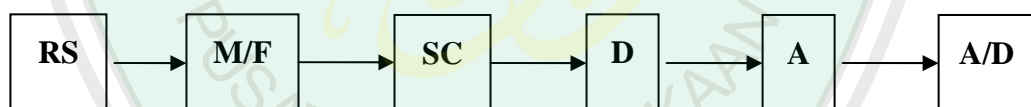
- 1) Jika suatu berkas radiasi monokromatik yang sejajar jatuh pada medium pengabsorpsi pada sudut tegak lurus setiap lapisan yang sangat kecil akan menurunkan intensitas berkas.
- 2) Jika suatu cahaya monokromatis mengenai suatu medium yang transparan, laju pengurangan intensitas dengan ketebalan medium sebanding dengan intensitas cahaya.

- 3) Intensitas berkas sinar monokromatis berkurang secara eksponensial bila konsentrasi zat pengabsorpsi bertambah.

## 2.5 INSTRUMEN SPEKTROFOTOMETRI

Instrumen spektrofotometri merupakan instrumen yang titik beratnya pada pengukuran besaran cahaya dan sifat aneka ragam material dan obyek, bagaimana berinteraksi terhadap radisi cahaya dan daerah cahaya tampak. Kuantitas dasar yang termasuk dalam spektrofotometri adalah penyerapan (absorpsi cahaya), pantulan (refleksi cahaya), pembauran (emisi cahaya) dan penerusan (transmisi cahaya). Kuantitas tersebut memberikan gambaran terhadap sifat-sifat zat yang diukur (Khopkar, 1990 : 215).

Secara garis besar konfigurasi suatu spektrofotometri ditunjukkan dalam gambar 2 :



Gambar 2.2  
Instrumen Spektrofotometri

Keterangan:

RS = Radiasi Source

D = Detector

M/F = Monokromator / Filter

A = Amplifier

SC = Sample Comparten

A/D = Analog to Digital Converter

**a) Sumber Radiasi**

Sumber radiasi berguna untuk memberikan radiasi dengan  $\lambda$  tertentu. Untuk daerah UV, umumnya digunakan lampu hydrogen atau lampu Deuterium, sedangkan untuk daerah sinar tampak umumnya digunakan lampu tungsten, lampu pijar, maupun lampu halogen (R.A. Day, JR & A.L Underwood, 2002 : 397). Pada penelitian ini digunakan lampu halogen 12 V/20 W sebagai sumber cahaya.

**b) Monokromator**

Monokromator berfungsi untuk mengubah radiasi polikromatis yang dipancarkan oleh sumber radiasi menjadi radiasi monokromatis. Monokromator ini umumnya terdiri dari celah masuk (*entrance slit*), filter optic, prisma dan atau kisi (*grating*) dan celah keluar (*exit slit*). Celah masuk berfungsi untuk masuknya cahaya yang berasal dari sumber radiasi, filter optik berfungsi untuk menyerap warna komplementer agar sinar tampak yang diteruskan merupakan sinar yang warnanya sesuai dengan warna filter optik yang dipakai (Khopkar, 1990 : 216). Pada penelitian ini digunakan filter untuk cahaya warna hijau dengan panjang gelombang ( $\lambda = 505 \text{ nm}$ ).

**c) Tempat Cuplikan**

Tempat cuplikan berfungsi untuk meletakkan wadah cuplikan (sel / kuvet) dari silika / kuarsa. Jadi cuplikan dimasukkan ke dalam sel / kuvet dan diletakkan pada sampel compartment untuk diukur kadarnya (R.A. Day, JR & A.L Underwood, 2002 :402). Pada penelitian ini menggunakan kuvet persegi dari mika.

#### d) Detektor

Sensor cahaya adalah alat yang digunakan untuk merubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Salah satu jenis sensor cahaya adalah fotoresistor. Fotoresistor dibuat dari semikonduktor beresistansi tinggi. Jika cahaya yang mengenainya memiliki frekuensi yang cukup tinggi, foton yang diserap oleh semikonduktor akan menyebabkan elektron memiliki energi yang cukup untuk meloncat ke pita konduksi. Elektron bebas yang dihasilkan (dan pasangan lubangnya) akan mengalirkan listrik, sehingga menurunkan resistansinya. (<http://himanika.uny.or.id/forum/index>).

#### 2.6 PENGUAT OPERASI

Penguat operasi berfungsi untuk menguatkan sinyal elektronik yang dihasilkan oleh detektor. Penguat yang digunakan adalah penguat operasi (*operational amplifier*). Karakteristik dari suatu operational amplifier adalah sebagai berikut (Sutrisno, 1987 : 129-131) :

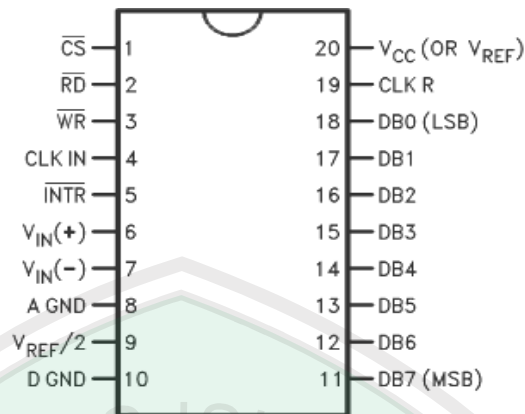
- impedansi masukan yang sangat tinggi sehingga arus masukan dapat diabaikan
  - penguatan loop terbuka ( $A_v$ ) sangat tinggi; dimana keluaran dari penguat menjadi
- $$V_{out} = A_v [ (V+) - (V-) ]$$
- impedansi keluaran amat rendah sehingga keluaran penguat tidak berpengaruh pada pembebanan
  - Penguatnya terkopel langsung (*direct coupled*)

- Penguatan (A) = ~ (tak terhingga)
- Tegangan keluaran ada 0 (nol), kalau tegangan masukan 0 (nol)
- Tegangan keluaran dapat mengayun ke arah positif maupun ke arah negatif
- Lebar jalurnya (*band width*) tak terhingga lebarnya

## 2.7 ADC

Untuk mengubah atau mengolah suatu variabel fisik yang umumnya bersifat analog dengan piranti digital, variabel tersebut harus diubah terlebih dahulu menjadi variabel digital yang nilainya proporsional dengan nilai variabel yang akan diukur atau diolah. Resolusi ADC mengacu pada jumlah bit dalam keluaran biner ADC. Resolusi ADC 8 bit sama dengan  $\frac{1}{256} \times 100 \%$ .

Spesifikasi lain untuk ADC adalah waktu konversi (*conversion time*). Waktu konversi suatu ADC adalah waktu yang diperlukan ADC untuk menghasilkan kode biner yang valid untuk tegangan masukan yang diberikan. Sebuah converter disebut berkecepatan tinggi jika memiliki waktu konversi yang pendek. Pada perancangan dan pembuatan alat ini menggunakan seri ADC 0804. ADC 0804 mempunyai resolusi 8 bit dan mempunyai waktu konversi (*conversion time*) 100  $\mu$ s. ADC 0804 mempunyai spesifikasi *total error*  $\pm 1$  LSB.



Gambar 2.3 ADC 0804  
 Sumber: [www.National.com](http://www.National.com)

## 2.8 MIKROKONTROLLER AT89S51

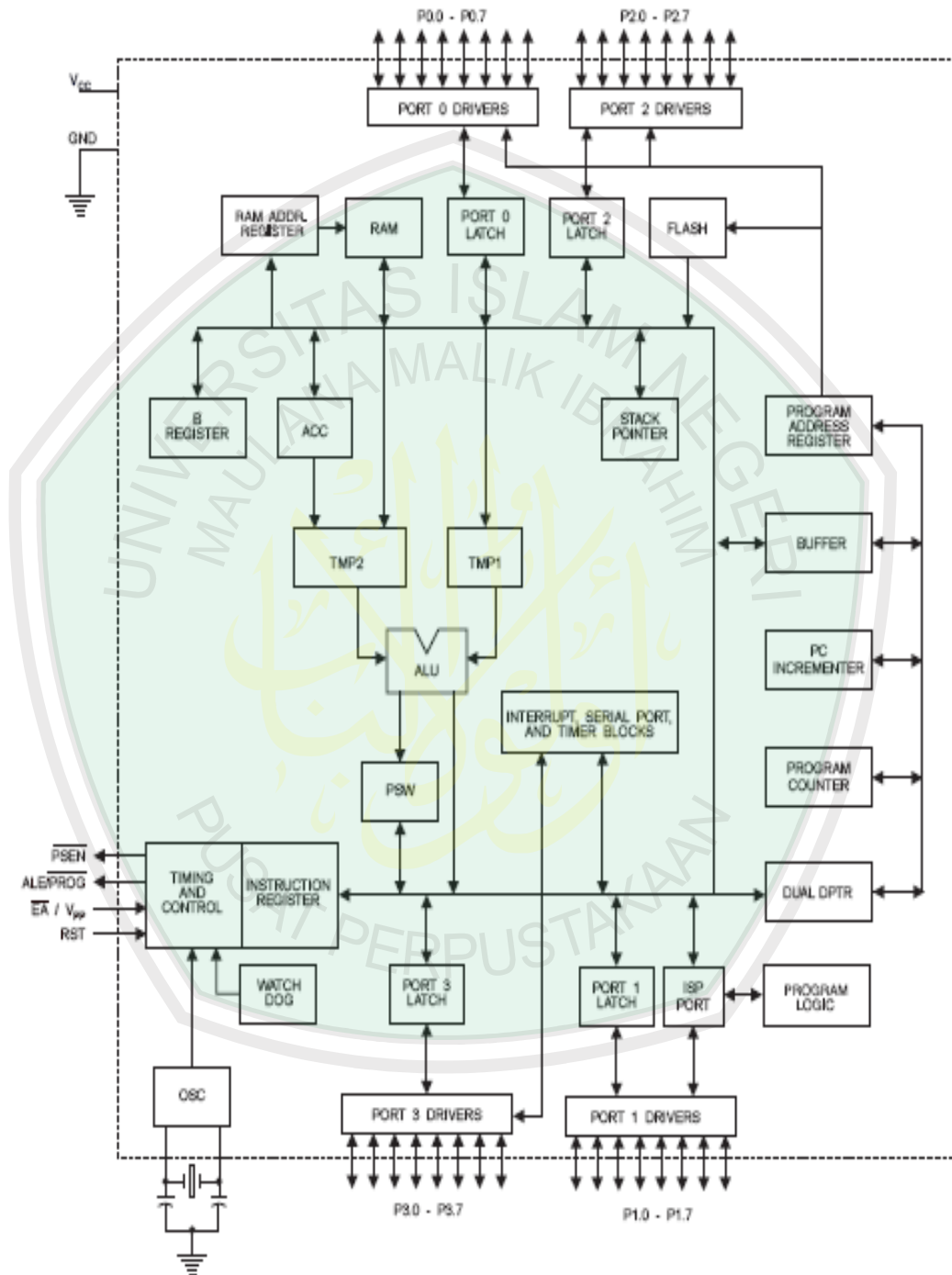
Mikrokontroler berfungsi untuk mengontrol kerja suatu sistem. Di dalam mikrokontroler terdapat CPU, ALU, PC, SP, dan *register* lain yang terdapat pada mikroprosesor, tetapi dengan penambahan perangkat-perangkat lain seperti ROM, RAM, PIO, SIO, *Counter*, dan rangkaian *Clock*. Mikrokontroler didesain dengan instruksi-instruksi yang lebih luas dan 8 bit instruksi digunakan untuk membaca data instruksi dari internal memory ke ALU. Banyak instruksi yang digabung dengan pin-pin pada chip-nya. Pin tersebut adalah pin yang dapat diprogram yang mempunyai fungsi berbeda.

### 2.8.1 Arsitektur Mikrokontroler 89S51

Mikrokontroler AT89S51 memiliki arsitektur sebagai berikut :

1. 8 bit *Central Processing Unit* (CPU).
2. 16 bit *Program Counter* (PC) dan *Data Pointer* (DPTR).
3. 8 bit *Program Status Word* (PSW).
4. 8 bit *Stack Pointer* (SP).

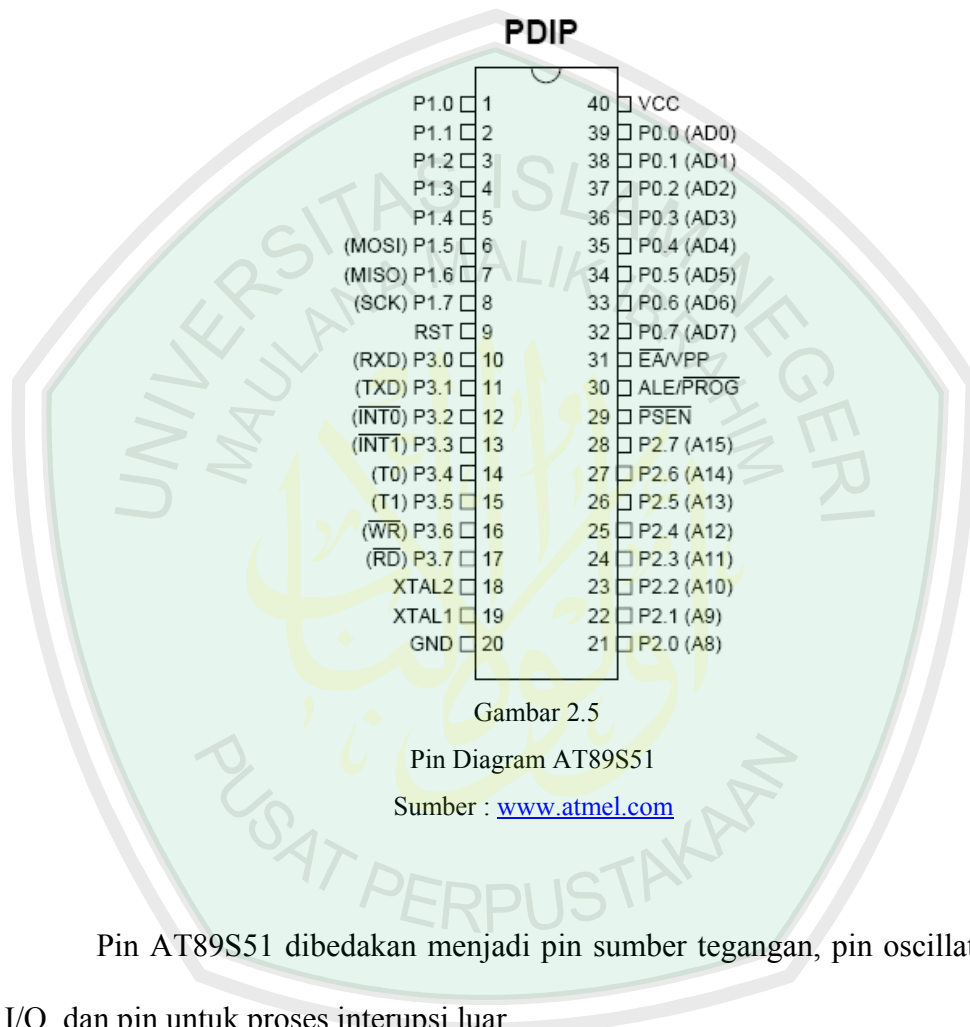
5. 4 Kbyte ROM internal (*on chip*).
6. 128 byte RAM internal (*on chip*) yang terdiri dari:
  - a) *register bank* masing-masing 8 *register*.
  - b) 16 byte yang dapat dialamati dalam bit level.
  - c) 80 byte *data memory general purpose*.
  - d) *programmable port* masing-masing terdiri dari 8 jalur I/O
  - e) 2 *timer/counter* 16 byte.
  - f) 1 *serial port* dengan *control serial full duplex* UART.
  - g) jalur interupsi (2 jalur eksternal dan 3 jalur internal).
7. 32 I/O yang disusun pada 4 port (port 0 – port 4).
8. 2 buah *timer/counter* 16 bit: T0 dan T1.
9. *Full Duplex Serial Data Communication* (SBUF).
10. *Control Register*: TCON, TMOD, PCON, IP, dan IE.
11. 2 eksternal *interrupt* dan 3 internal *interrupt*.
12. *Oscillator* dan *clock circuit*.



Gambar 2.4  
Arsitektur MCU AT89S51

## 2.8.2 Pin-pin Mikrokontroler 89S51

Mikrokontroler 89S51 mempunyai pin-pin seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.5

Pin Diagram AT89S51

Sumber : [www.atmel.com](http://www.atmel.com)

Pin AT89S51 dibedakan menjadi pin sumber tegangan, pin oscillator, pin I/O, dan pin untuk proses interupsi luar.

Fungsi dari pin-pin AT89S51:

1. Pin 40 adalah pin Vcc, yaitu pin positif sumber tegangan 5 volt DC
2. Pin 20 adalah pin Vss, yaitu pin *grounding* sumber tegangan.
3. Pin 32-39 adalah pin port 0, merupakan port I/O 8 bit *full duplex*..
4. Pin 1-8 adalah pin port 1, merupakan port I/O 8 bit *full duplex*.

5. Pin 21-28 adalah pin port 2, sama seperti port 0.
6. Pin 10-17 adalah pin port 3, sama seperti port 1, tetapi port ini memiliki keistimewaan seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Tabel Fungsi Alternatif Port 3

Sumber : [www.atmel.com](http://www.atmel.com)

Kaki Port	Fungsi Alternatif
P3.0	RXD (masukan penerima data serial)
P3.1	TXD (keluaran pengirim data serial)
P3.2	INT 0 (interupsi eksternal 0)
P3.3	INT 1 (interupsi eksternal 1)
P3.4	T0 (masukan eksternal pewaktu/pencacah 0)
P3.5	T1 (masukan eksternal pewaktu/pencacah 1)
P3.6	WR (strobe penulisan memori data eksternal)
P3.7	RD (strobe pembacaan memori data eksternal)

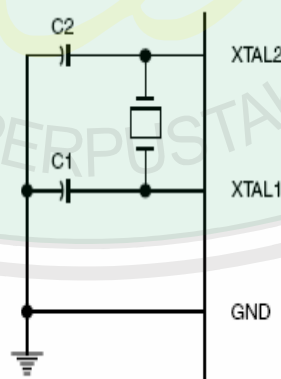
7. Pin 9 adalah RST/VPD, pin ini berfungsi untuk me-“reset” sistem AT89S51. kondisi high (logika ‘1’) dari pin ini selama dua siklus *clock* (siklus mesin) akan me-“reset” mikrokontroler yang bersangkutan
8. Pin 30 adalah pin ALE/PROG, pin ini berfungsi untuk mengunci *low address* (alamat rendah) pada saat akses memori program selama operasi normal.
9. Pin 29 adalah pin PSEN, *Program Strobe Enable* merupakan *strobe output* yang dipergunakan untuk membaca eksternal program memori.
10. Pin 31 adalah pin EA/VPP, *Eksternal Acces Enable* secara eksternal harus disambung ke logika ‘0’ jika diinginkan MCS51 menjadi *enable*

untuk mengakses kode mesin dari program memori eksternal. Namun jika EA dihubungkan ke logika '1' maka *device* akan mengambil kode mesin dari internal program memori, kecuali jika program *counter* berisi lebih besar dari 0FFFh.

11. Pin 18 adalah pin XTAL1, pin ini merupakan input ke inverting amplifier osilator.
12. Pin 19 adalah pin XTAL 2, pin ini merupakan output dari inverting amplifier osilator.

### 2.8.3 Rangkaian Osilator

Jantung dari mikrokontroler AT89S51 terletak pada rangkaian yang membangkitkan pulsa *clock*. Pin XTAL1 dan XTAL2 disediakan untuk disambungkan dengan jaringan resonan untuk membentuk sebuah osilator. AT89S51 dirancang untuk *running* pada frekuensi 3 MHz sampai 24 MHz.



Gambar 2.6  
Rangkaian Oscillator AT89S51  
Sumber : [www.atmel.com](http://www.atmel.com)

#### 2.8.4 Memori Data Internal

Pada mikrokontroler 89S51 terdapat internal memori data. Internal memori data dialamati dengan lebar 1 byte. *Lower* 128 (00H-7FH) terdapat pada semua anggota keluarga MCS-51. Pada *lower* 128 lokasi memori terbagi atas 3 bagian yaitu:

1) *Register Bank 0-3*

32 byte terendah terdiri dari 4 kelompok (*bank*) *register*, dimana masing-masing dari kelompok *register* itu berisi 8 register bit (R0-R7) yang masing-masing kelompok *register* dapat dipilih dengan melalui *register* PSW. Pada *register* PSW RS0 dan RS1 digunakan untuk memilih kelompok *register* yang ada.

2) *Bit Addressable*

16 bite di atas kelompok *register* tersebut membentuk suatu lokasi blok memori yang dapat dialamati dimulai dari 20H-2FH

3) *Scratch Pad Area*

Dimulai dari alamat 30H-7FH yang dapat digunakan untuk inisialisasi alamat bawah dari *Stack Pointer*. Jika telah diinisialisasi, alamat bawah dari *stack pointer* akan naik ke atas sampai 7FH. Sedangkan pada 128 Byte atas (*upper* 128) ditempati oleh suatu register yang memiliki fungsi khusus yang disebut dengan SFR.

### 2.8.5 Memori Data Eksternal

Untuk mengakses memori program eksternal, pin EA dihubungkan ke *ground*. 16 jalur input/output (pada port 0 dan port 2) difungsikan sebagai bus alamat port 0 mengeluarkan alamat rendah (A0-A7) dari pencacah program (*program counter*). Pada saat port 0 mengeluarkan alamat rendah, maka sinyal ALE (*Address Lacth Enable*) akan menahan alamat pada pengunci port 2 yang merupakan alamat tinggi (A8-A15) yang bersama-sama alamat rendah (A0-A7) membentuk alamat 16 bit. Sinyal PSEN digunakan untuk membaca memori program eksternal.

Mikrokontroler 8951 memiliki data berupa RAM internal sebesar 128 byte. Dari jumlah tersebut, 32 byte terendah dikelompokkan menjadi 4 *bank*. Tiap-tiap bank terdiri dari 8 *register*. Pemilihan bank dilakukan melalui register *Program Status Word* (PSW). 16 byte berikutnya membentuk satu blok memori yang dapat dialamati per bit. Memori data ini dapat diakses baik langsung atau tidak langsung.

### 2.8.6 Register Fungsi Khusus (SFR)

*Register* dengan fungsi khusus (*Spesial Function Register/SFR*) terletak pada 128 byte bagian atas memori data internal. Wilayah SFR ini terletak pada alamat 80H sampai FFH. Pengalamatan harus khusus diakses secara langsung baik secara bit maupun secara byte. *Register-register* khusus dalam MC 8951, yaitu:

1) *Accumulator (ACC)* atau *register A* dan *register B*

*Register B* ini digunakan untuk proses perkalian dan pembagian bersama dengan *accumulator*.

2) PSW

*Register* ini terdiri dari beberapa bit status yang menggambarkan kejadian di *accumulator* sebelumnya, yaitu *Carry bit*, *Auxiliary carry*, pemilih *bank* (RS0 dan RS1), bendera *overflow*, *parity bit* dan dua buah bendera yang dapat didefinisikan sendiri oleh pemakai. Ada 4 *bank* yang dapat dipilih untuk digunakan yang semuanya bersifat *addressable* yaitu:

Tabel 2.3 Tabel Bank Register  
Sumber : [www.atmel.com](http://www.atmel.com)

RS1	RS0	Register
0	0	BANK 0
0	1	BANK 2
1	0	BANK 3
1	1	BANK 4

3) SP

Merupakan *register* 8 bit. *Register SP* dapat ditempatkan dalam suatu alamat maupun RAM internal.

4) DPTR

suatu *register* yang digunakan untuk pengalamatan tidak langsung. *Register* ini digunakan untuk mengakses memori program internal atau eksternal, juga digunakan untuk alamat eksternal data. DPTR Ini dikontrol oleh dua buah *register* 8 bit yaitu DPH dan DPL.

5) *Register Prioritas Interrupt (Interrupt Priority / IP)*

Merupakan suatu *register* yang berisi bit-bit untuk mengaktifkan prioritas dari suatu interrupt yang ada pada mikrokontroler pada taraf yang diinginkan.

6) *Interrupt Enable Register (EI)*

EI merupakan *register* yang berisi bit-bit untuk menghidupkan atau mematikan sumber interrupt.

7) *Timer / Counter Control Register (TCON)*

TCON merupakan *register* yang berisi bit-bit untuk memulai/menghentikan pewaktu/pencacah.

8) *Serial Control Buffer (SBUF)*

*Register* ini digunakan untuk menampung data dari masukan (SBUF IN) ataupun keluaran (SBUF OUT) dari serial.

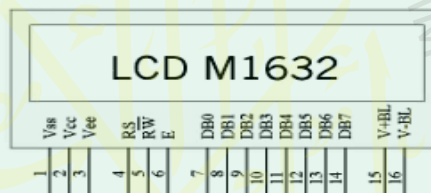
## 2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

*Liquid crystal display* adalah modul tampilan yang mempunyai konsumsi daya yang relatif rendah dan terdapat sebuah controler CMOS didalamnya. Controler tersebut sebagai pembangkit ROM/RAM dan display data RAM. Semua fungsi tampilan di kontrol oleh suatu instruksi modul LCD dapat dengan mudah diinterfacekan dengan MPU. Ciri-ciri dari LCD M1632:

- 1) Terdiri dari 32 karakter yang dibagi menjadi 2 baris dengan display dot matrik 5 X 7 ditambah cursor
- 2) Karakter generator ROM dengan 192 karakter

- 3) Karakter generator RAM dengan 8 tipe karakter
- 4) 80 X 8 bit display data RAM
- 5) Dapat diinterfacekan dengan MPU 8 atau 4 bit
- 6) Dilengkapi fungsi tambahan : Display clear,cursor home,display ON/OFF, cursor ON/ OFF, display character blink, cursor shift dan display shift
- 7) Internal data
- 8) Internal otomatis dan reset pada power ON
- 9) +5 V power supply tunggal

Berikut ini merupakan pin-pin LCD beserta konfigurasi:



Gambar 2.7 LCD M1632

Sumber : [www.robotindonesia.com](http://www.robotindonesia.com)

LCD M1632 mempunyai 16 pin atau kaki yang mempunyai fungsi-fungsi seperti ditunjukkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2.4 Tabel Pin-pin LCD dan konfigurasi

Nama pin	Jumlah	I/O	Tujuan	Fungsi
DB0-DB3	4	I/O	MPU	Trisate bidirectional lower data bus: data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul melalui bus
DB4-DB7	4	I/O	MPU	Tristatebidirectional upper fourdata bus: data dibaca dari modul ke MPU atau dari MPU ditulis ke modul melalui bus

E	1	Input	MPU	Sinyal operasi dimulai: sinyal aktif baca/tulis
R/W	1	Input	MPU	Sinyal pilih data dan tulis (0:tulis,1:baca)
RS	1	-	Power supply	Sinyal pilih register 0: Instruction register (write) Busy flag dan address counter (read) 1:Data register (write dan read)
VLC	1	-	Power supply	Penyetelan kontras pada tampilan LCD
VDD	1	-	Power supply	+ 5V
VSS	1	-	Power supply	Ground 0V

## 2.10 KERANGKA KONSEPTUAL

Besi merupakan salah satu elemen yang ada di air dan tergolong polutan logam. Kadar besi dalam air yang melebihi standar akan sangat berpengaruh pada kesehatan manusia. Salah satu metode untuk mengetahui kadar besi dalam air adalah metode absorpsi spektrofotometri. Metode ini mempunyai beberapa keunggulan di antaranya adalah analisa yang dilakukan relatif cepat, sampel yang dianalisa dalam jumlah yang kecil, serta merupakan metode yang cukup sederhana.

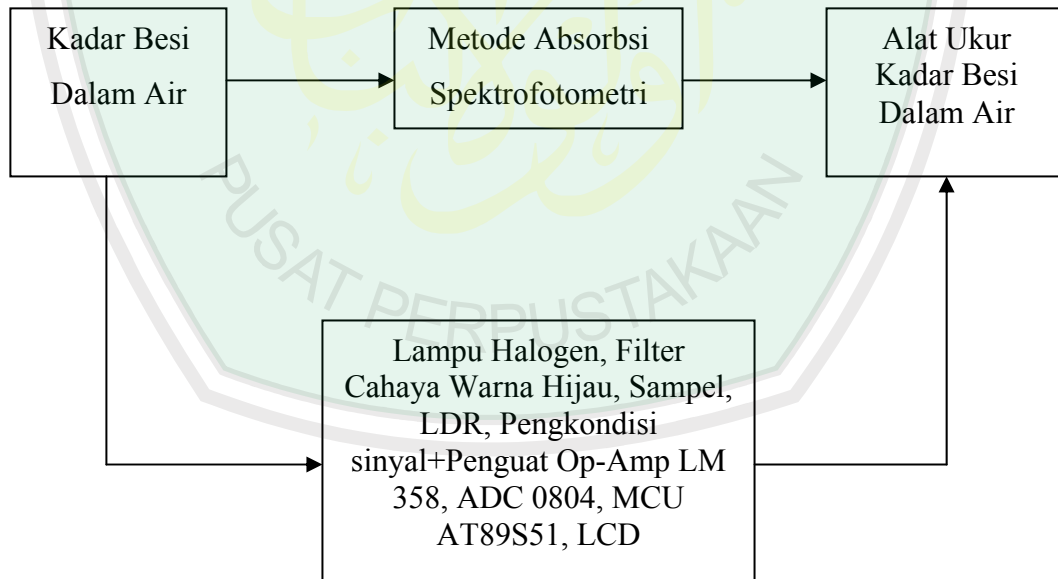
Metode absorpsi spektrofotometri merupakan metode pengukuran yang titik acuannya pada proses penyerapan radiasi elektromagnetik, dalam hal ini adalah intensitas cahaya oleh atom atau molekul pada panjang gelombang

tertentu. Pada penelitian ini menggunakan cahaya warna hijau ( $\lambda=500-560$  nm) yang termasuk pada range daerah sinar tampak (*visible light*). Panjang gelombang cahaya warna hijau sesuai dengan panjang gelombang besi ( $\lambda=510$  nm).

Jangkauan pengukuran alat ukur kadar besi dalam air ini adalah 0.00–10%. Adapun sampel yang digunakan adalah larutan  $\text{FeCl}_3$  yang telah ditentukan terlebih dahulu kadar besinya secara perhitungan kimia yaitu dalam satuan persen (%), di mana persamaan yang digunakan adalah:

$$\% \text{ Besi} = \frac{\text{gram zat besi}}{100 \text{ ml Aquadest}} \times 100\%$$

Dari keterangan di atas, maka dapat disusun digram konseptual sebagai berikut:



Gambar 2.8 Diagram Konseptual

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Universitas Islam Negeri (UIN) Malang mulai Februari sampai dengan April 2008.

#### 3.2 ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan alat dan bahan sebagai berikut:

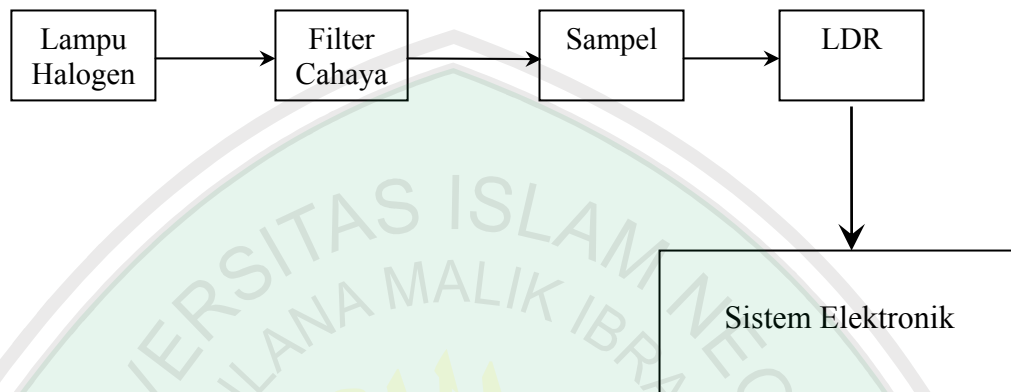
- 1) Lampu halogen 12V/20W
- 2) Filter cahaya warna hijau ( $\lambda=505\pm 20\text{nm}$ ) merek Corion
- 3) LDR
- 4) Penguat Op-Amp LM358
- 5) ADC 0804
- 6) MCU AT89S51
- 7) LCD M1632
- 8) Sampel ( $\text{FeCl}_3$  *liquid*)

#### 3.3 PEMBUATAN ALAT

##### 3.3.1 SISTEM OPTIK

Sistem optik alat pengukur kadar besi dalam air dibuat berdasarkan diagram blok rangkaian seperti pada gambar 3.1. Diagram blok rangkaian merupakan salah satu bagian terpenting dalam perancangan sistem ini, karena dari diagram blok rangkaian dapat diketahui cara kerja (prinsip kerja)

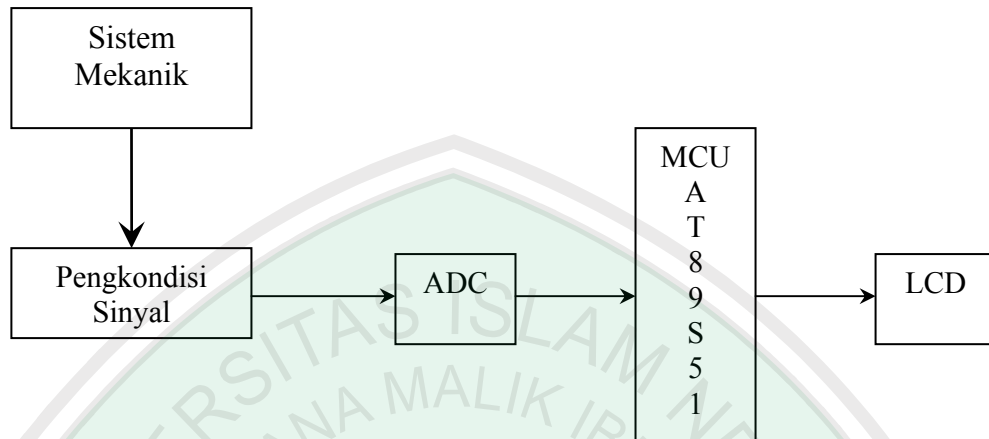
keseluruhan rangkaian. Diagram blok sistem optik dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 3.1  
Diagram Blok Sistem Optik Alat Ukur Kadar besi Dalam Air  
Sumber: Perancangan

Cahaya dari lampu halogen yang telah melalui filter cahaya warna hijau akan meneruskan cahaya dengan panjang gelombang tertentu ( $\lambda = 505 \pm 20$  nm) dan selanjutnya akan mengenai sampel. Cahaya dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) 510 nm akan diserap oleh unsur besi (Fe) dalam air (Aquadest/ $H_2O$ ) sehingga intensitas cahaya yang diteruskan akan menjadi lebih kecil daripada intensitas cahaya awal. Intensitas cahaya yang ditransmisikan ditangkap oleh sensor cahaya (LDR) dan selanjutnya diolah pada sistem elektronik alat ukur kadar besi dalam air. Kemudian hasilnya ditampilkan dalam satuan persen (%).

### 3.3.2 ELEKTRONIKA



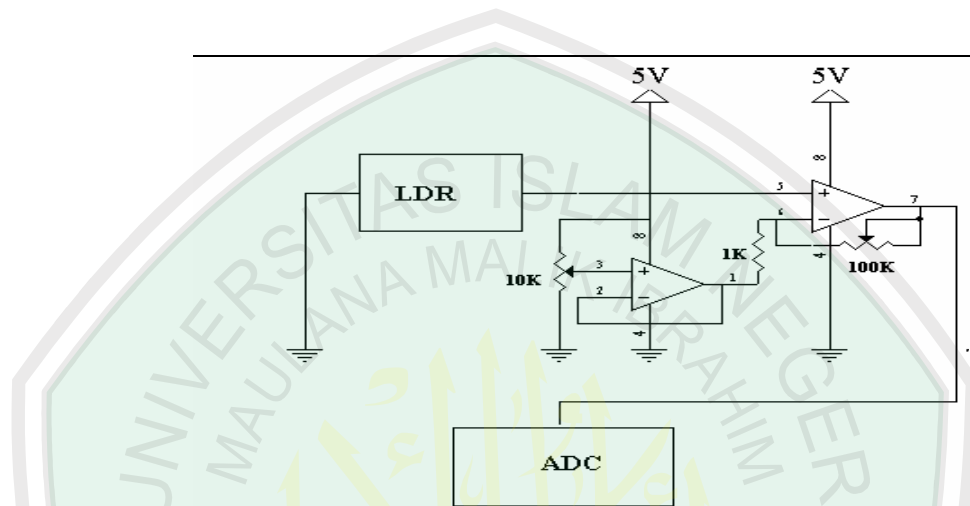
Gambar 3.2  
Diagram Blok Sistem Elektronik Alat Ukur Kadar besi Dalam Air  
Sumber: Perancangan

Keluaran dari sistem mekanik berupa tegangan selanjutnya akan menjadi masukan pada rangkaian pengkondisi sinyal. Tegangan dari sensor relatif cukup rendah, sehingga diperlukan penguatan agar bisa direspon oleh ADC yang mempunyai range tegangan antara 0 – 5 V. Kemudian keluaran dari ADC yang berupa data digital akan menunjukkan alamat pada MCU yang telah diisi dengan data range pengukuran dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD

#### 3.3.2.1 Penyusunan Rangkaian Penguat Op-Amp

Sebagaimana telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, bahwa keluaran sensor yang terlalu rendah harus dikuatkan agar sesuai dengan range ADC. Penguat sinyal yang digunakan adalah IC LM358 yang merupakan penguat tak membalik. Pada perancangan, rangkaian

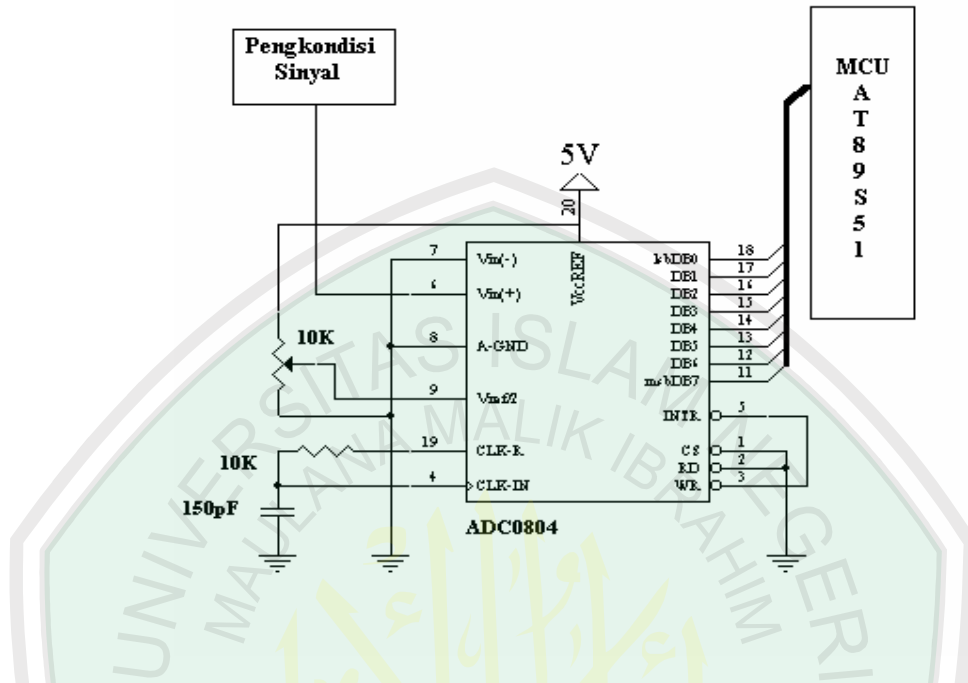
pengkondisi sinyal menggunakan sumber tegangan sebesar 5V, serta penguatan yang direncanakan sebesar 10X. Rangkaian penguat sinyal ditunjukkan gambar 3.3 di bawah ini:



Gambar 3.3 Rangkaian Pengkondisi Sinyal  
Sumber: Perancangan

### 3.3.2.2 Penyusunan Rangkaian ADC

ADC digunakan untuk mengubah sinyal analog yang berasal dari keluaran rangkaian pengkondisi sinyal untuk dikonversi menjadi bentuk sinyal digital agar selanjutnya dapat diproses oleh mikrokontroller. Rangkaian ADC sebagaimana terlihat pada gambar 3.4:



Gambar 3.4 Rangkaian ADC  
Sumber: Perancangan

ADC yang dipakai dalam perancangan ini adalah ADC 0804 yang mempunyai 1 masukan sinyal analog yaitu  $V_{in}(+)$  dan keluaran berupa 8 bit data digital. Secara teori resolusi ADC yang digunakan dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Resolusi} = \frac{V_{ref}}{2^n - 2}$$

$$= \frac{5}{2^8 - 2}$$

$$= 19,7 \text{ mV}$$

$$\approx 20 \text{ mV}$$

Agar dapat dioperasikan secara terus menerus (*free running*), maka pin WR dan INTR saling dihubungkan. Sedangkan pin CS ditanahkan untuk

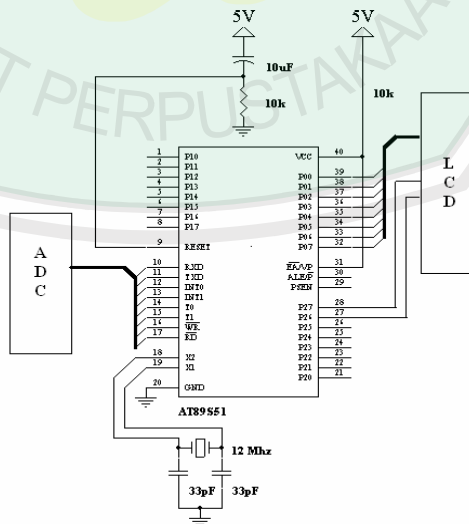
mengaktifkan ADC, pin RD juga ditanahkan agar hasil setiap perubahan dapat dibaca.

### 3.3.2.3 Penyusunan Rangkaian Mikrokontroller AT89S51

Mikrokontroller yang digunakan sebagai kontrol ini tidak dapat melakukan prosesnya tanpa dibantu oleh rangkaian lain seperti *clock* dan *reset*. Selain rangkaian-rangkaian tersebut perlu juga ditentukan penggunaan dari port-portnya dan sinyal-sinyal yang digunakan untuk mendukung proses kerja rangkaian.

Berikut adalah konfigurasi port-port yang digunakan:

- a) P0.0-P0.7 digunakan sebagai data tampilan pada LCD
- b) P2.6-P2.7 digunakan sebagai instruksi data untuk pengontrol instruksi dan karakter pada LCD
- c) P3.0-P3.7 digunakan sebagai instruksi data ADC



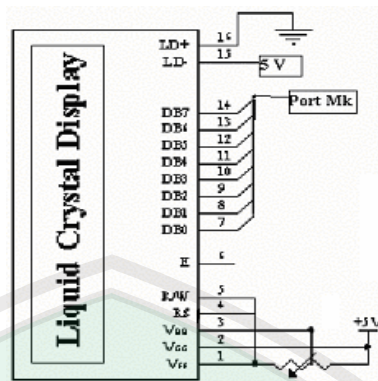
Gambar 3.5 Rangkaian MCU AT89S51  
Sumber: Perancangan

### 3.3.2.4 Penyusunan Rangkaian LCD

*LCD module M 1632* buatan *Seiko instrument Inc.* Terdiri dari 2 bagian, yang pertama merupakan panel *LCD* sebagai media penampil informasi dalam bentuk huruf atau angka 2 baris, masing-masing baris bisa menampung 16 karakter. Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroller yang ditempelkan dibalik panel *LCD*, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M 1632 dengan mikrokontroller utama.

Sebelum mengoperasikan LCD sebagai penampil karakter, terlebih dahulu ditentukan format penulisan dan penginisialisasian. Selanjutnya adalah proses penulisan karakter yang diinginkan dan disertai dengan posisi baris dan kolom. Pengiriman data ke LCD cukup dilakukan satu kali. Adapun fungsi dari masing-masing pin LCD adalah sebagai berikut :

- 1) Pin RS dihubungkan dengan *port P2.7* dari MCU untuk membedakan sinyal antara instruksi program atau instruksi penulisan data
- 2) Pin E dihubungkan dengan *port P2.6* dari MCU untuk memberikan instruksi bahwa LCD dapat dikirim data.
- 3) Pin DB0 – DB7 dihubungkan dengan *port P0.0-P0.7* dari MCU untuk penampil data dari mikrokontroller
- 4) Pin R/W dihubungkan dengan ground untuk sinyal tulis data.



Gambar 3.6 Rangkaian LCD  
Sumber: Perancangan

### 3.3.2.5 Pembuatan Perangkat Lunak

Untuk mendukung kerja sistem, diperlukan suatu perangkat lunak.. Perangkat lunak disini adalah perintah (program) di dalam memori yang harus dilaksanakan oleh mikrokontroler. Bahasa yang digunakan adalah Bahasa Assambler MCS 51.

Pengendalian sistem yang berpusat pada mikrokontroler sepenuhnya diatur oleh program utama mikrokontroler. Dalam program utama ini terdapat sub rutin-sub rutin yang mengendalikan beberapa sistem yang mendukung kinerja mikrokontroler. Algoritma menu program dapat dilihat dalam gambar 3.7.

Pertama kali program dijalankan, program akan memanggil sub rutin-sub rutin inisialisasi diantaranya:

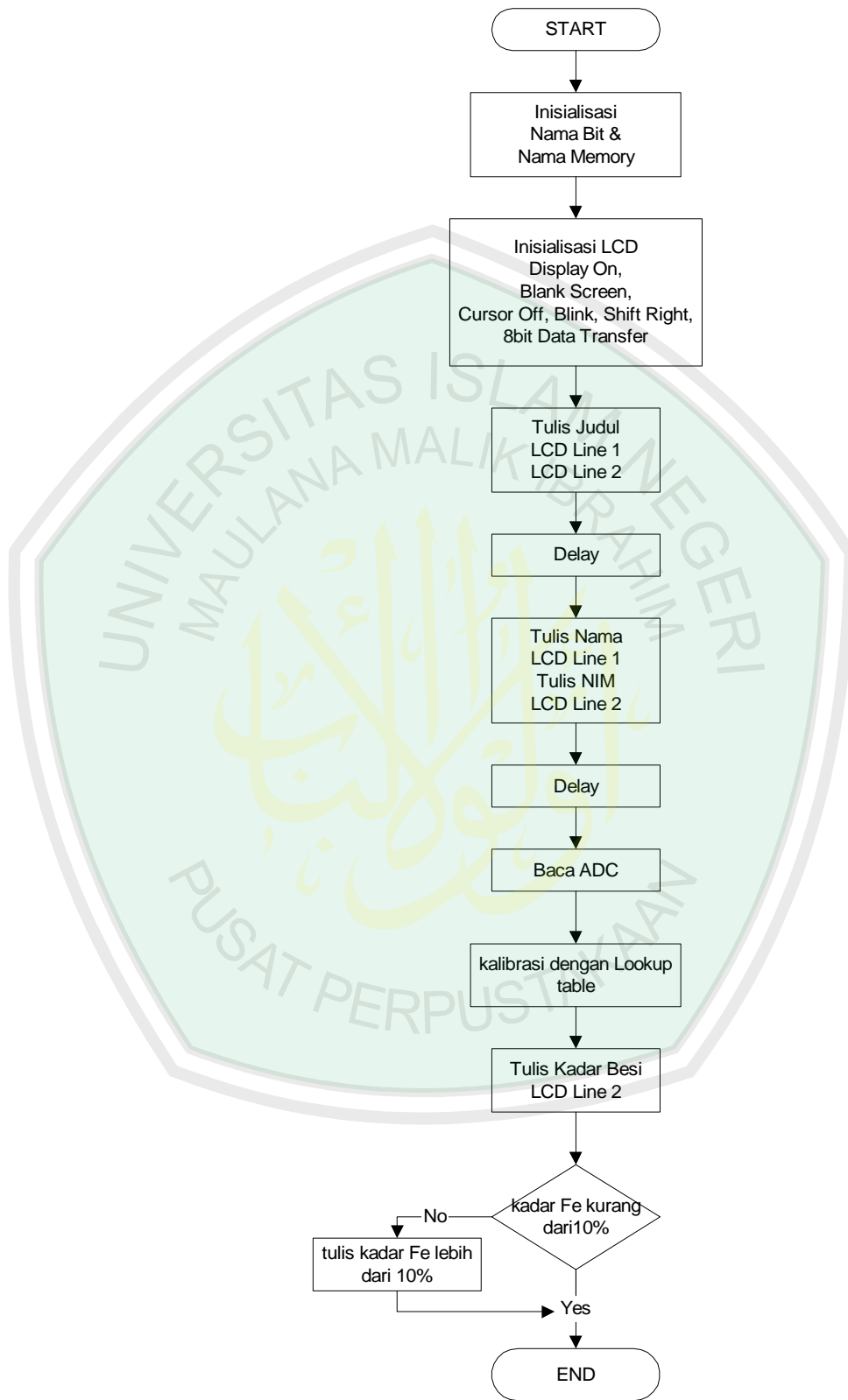
- a) Inisialisasi port untuk menginisialisasi port-port yang digunakan sebagai jalur input atau output.

- b) Inisialisasi ADC untuk menginisialisasi jalur/port yang digunakan sebagai masukan ADC, mode konversi yang digunakan, frekuensi yang digunakan serta mode bit yang digunakan.
- c) Inisialisasi LCD (tampilan awal pada LCD).

Inisialisasi LCD berfungsi agar LCD dapat berjalan dengan baik, diantaranya adalah Display On artinya menyalakan LCD, Blink = kedip, Shift Right = pergeseran ke kanan bila terdapat karakter baru, dan lain sebagainya.

Selanjutnya program menuliskan data pointer judul pada line 1 dan line 2 sebanyak 16 karakter dan dilakukan Delay (tunda waktu). Kemudian program menuliskan nama pada line 1 dan NIM pada line 2, juga dilakukan Delay. Proses selanjutnya adalah pembacaan ADC dengan mengambil data dari port 3.0 – 3.7 yang terhubung dengan ADC. Dan kemudian dilakukan kalibrasi dengan menggunakan tabel Lookup dan diakhiri dengan menuliskan hasilnya dalam bentuk % kadar besi dalam air.

Dengan program yang telah dibuat, berapa pun kadar besi yang terkandung dalam air akan terukur dan ditampilkan melalui LCD.



Gambar 3.7 Diagram Alur Program  
Sumber: Perancangan

### 3.4 PEMBUATAN LARUTAN SAMPEL

Larutan  $\text{FeCl}_3$  diperoleh dengan cara mengencerkan 10g  $\text{FeCl}_{3\text{solid}}$  dalam 100ml  $\text{H}_2\text{O}$  sehingga didapatkan  $\text{FeCl}_{3\text{liquid}}$  10% sebagai larutan stok sesuai rumus persen:

$$\% \text{ Besi} = \frac{\text{gram zat terlarut}}{100\text{ml zat pelarut}} \times 100\%$$

Selanjutnya untuk mendapatkan  $\text{FeCl}_{3\text{liquid}}$  dengan kadar tertentu, maka diambil dari larutan stok kemudian diencerkan sampai volume 10ml sesuai dengan rumus berikut:

$$M_1 V_1 = M_2 V_2$$

Dimana :

$M_1$  = konsentrasi larutan stok (%)

$$V_1 = \frac{M_2 V_2}{M_1}$$

$M_2$  = konsentrasi larutan yang diinginkan (%)

$V_1$  = volume dari larutan stok (ml)

$V_2$  = volume larutan yang diinginkan (10ml)

### 3.5 TEKNIK PENGAMBILAN DATA

#### 3.5.1 Pengujian Perangkat Elektronik

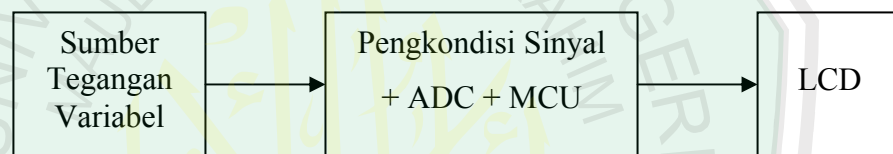
##### 3.5.1.1 Tujuan

Pengujian perangkat elektronik dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat elektronik yang terdiri dari pengkondisi sinyal, ADC, MCU dan LCD dapat melakukan proses pengolahan data.

### 3.5.1.2 Proses Pengambilan Data

Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan variabel ( $V_{in}$ ) dan selanjutnya akan dilihat tegangan keluarannya ( $V_{out}$ ) pada LCD. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a) Menyusun sumber tegangan variabel dan sistem elektronik sesuai dengan gambar 3.8
- b) Mengatur tegangan variabel sebesar 0.25, 0.5, 0.75, 1, 1.25 V
- c) Mengamati dan mencatat tampilan  $V_{out}$  pada LCD



Gambar 3.8 Rangkaian Pengujian Sistem Elektronik  
Sumber: Perancangan

## 3.5.2 Pengujian Sistem

### 3.5.2.1 Tujuan

Pengujian pada sistem dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan program yang direncanakan

### 3.5.2.2 Proses Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan 11 sampel yang telah terukur kadar besinya secara perhitungan. Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut:

- a) Membuat larutan sampel dengan perhitungan kadar besi sebagaimana telah dijelaskan pada sub pokok bahasan 3.4

- b) Meletakkan satu persatu larutan sampel pada rangkaian sistem
- c) Sampel diukur kadar besinya menggunakan alat ukur kadar besi dalam air
- d) Mengamati dan mencatat hasil pengukuran yang ditampilkan pada LCD
- e) Membandingkan hasil pengukuran alat dengan perhitungan kadar besi dalam air semula.
- f) Membuat regresi dari hasil pengukuran sebenarnya dengan hasil pengukuran alat.

### **3.6 TEKNIK ANALISIS DATA**

#### **3.6.1 Sistem Elektronik**

Analisis data untuk sistem elektroik menggunakan analisis prosentase penyimpangan. Adapun persamaan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{Penyimpangan (\%)} = \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \times 100\%$$

#### **3.6.2 Sistem Keseluruhan**

Analisis data yang digunakan untuk sistem secara keseluruhan adalah analisis kesalahan relatif (KR) rata-rata. Adapun persamaan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{KR (\%)} = \frac{\text{hasil perhitungan} - \text{hasil pengukuran alat}}{\text{hasil perhitungan}} \times 100\%$$

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 HASIL PENELITIAN**

##### **4.1.1 Pengujian Sistem Elektronika**

Pada sub pokok bahasan ini akan disampaikan data hasil pengujian sistem elektronik. Pengujian pada sistem elektronik dilakukan dengan memasukkan tegangan variabel pada rangkaian pengkondisi sinyal. Kemudian dikondisikan dan dikuatkan oleh penguat Om-Amp LM 358 agar sesuai dengan range tegangan masukan analog ADC yaitu 0 – 5 V, penguatan dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$V_{out} = (V_{in} - Zero) \times Span$$

Disini nilai zero dan span (perkalian) telah ditentukan terlebih dahulu yaitu 250 untuk nilai zero, dan 10 untuk nilai span, sehingga nilai tegangan keluaran dari pengkondisi sinyal merupakan penguatan 10X dari tegangan masukan.

Selanjutnya data analog dari pengkondisi sinyal akan dikonversi oleh ADC menjadi bentuk data digital agar dapat diproses oleh mikrokontroler. Proses yang dilakukan pada MK terhadap data adalah pembacaan data dengan mengambil data dari port 3.0 -3.7 yang terhubung dengan ADC, selanjutnya dikalibrasi dengan menggunakan Lookup table dan hasilnya akan ditulis dalam bentuk persen (%) pada LCD.

Pengujian untuk sistem elektronik dilakukan dengan memberikan tegangan masukan ( $V_{in}$ ) pada sistem dengan variasi nilai yaitu 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, dan 0.5 V. Untuk  $V_{in}$  0.3 V, secara perhitungan  $V_{out}$  yang dihasilkan adalah sebesar 0.5 V, akan tetapi sistem elektronik menunjukkan  $V_{out}$  sebesar 0.498 V, sehingga terdapat prosentase penyimpangan sebesar 0.4%. Penyimpangan juga terjadi pada variasi tegangan masukan yang lain. Nilai tegangan keluaran dan prosentase penyimpangan untuk setiap nilai tegangan masukan pada pengujian sistem elektronik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengujian Sistem Elektronik

Tegangan Masukan (V)	Tegangan Keluaran (V)		% Penyimpangan
	Hasil Perhitungan	Hasil Pengukuran	
0.30	0.5	0.498	0.4
0.35	1	0.982	1.8
0.40	1.5	1.498	0.14
0.45	2	2.069	3.45
0.50	2.5	2.514	0.56
% Penyimpangan rata-rata			1.27

#### 4.1.2 Pengujian Sistem Keseluruhan

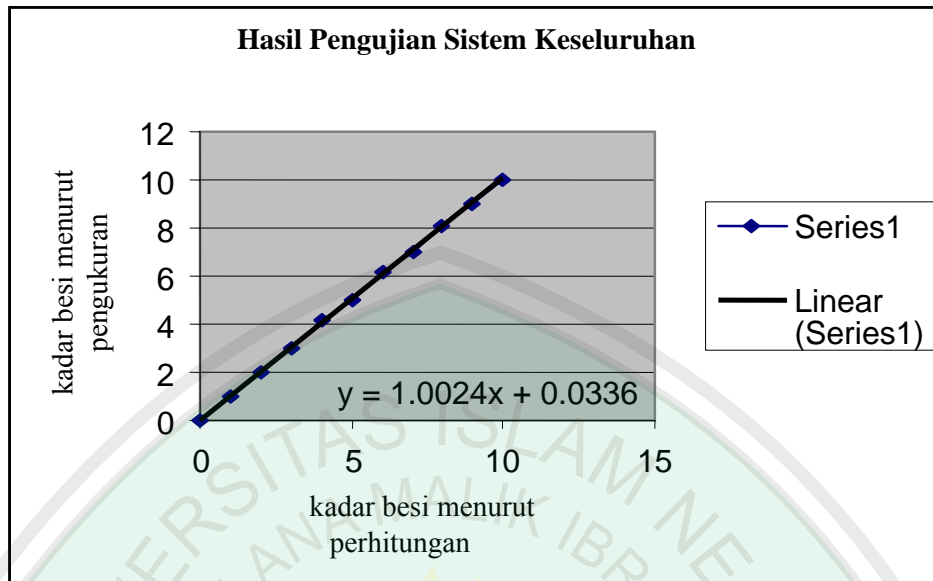
Pada sub pokok bahasan ini akan disampaikan data hasil pengujian sistem keseluruhan. Pengujian sistem keseluruhan dilakukan dengan menggunakan 11 sampel yang telah terukur prosentase kadar besinya yaitu 0, 1, 2, ..., 10%. Kemudian sampel diukur dengan alat ukur kadar besi dalam air satu persatu dan hasilnya dibandingkan dengan perhitungan kadar besi semula. Pada saat pengukuran, sistem alat harus bebas dari pengaruh cahaya luar atau harus dalam

keadaan gelap, karena cahaya luar dapat mempengaruhi pembacaan intensitas cahaya oleh sensor LDR.

Pengujian pada sistem keseluruhan dilakukan dengan mengukur sampel yang telah diketahui kadar besinya secara perhitungan dan kemudian diukur dengan menggunakan alat. Pada pengukuran sampel 2 dengan kadar besi 1%, pada alat ukur menunjukkan besar kadar besi 1.02%. Dan pada sampel 3 dengan kandungan kadar besi 2%, pada alat ukur menunjukkan besar kadar besi 2%. Untuk lebih lengkapnya, nilai kadar besi dalam air baik dari hasil perhitungan maupun hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengujian Sistem Keseluruhan

Sampel	Kadar Besi Dalam Air (%)		(% ) Kesalahan
	Perhitungan (%)	Pengukuran (%)	
1	0	0	0
2	1	1.02	2
3	2	2	0
4	3	2.99	0.33
5	4	4.17	4.25
6	5	5	0
7	6	6.2	3.33
8	7	7.04	0.57
9	8	8.11	1.38
10	9	8.97	0.33
11	10	10	0
% Kesalahan rata-rata			1.11



## 4.2 ANALISIS DATA

### 4.2.1 Sistem Elektronik

Analisis data untuk pengujian sistem elektronik dilakukan dengan menghitung prosentase penyimpangan hasil pengukuran dari hasil perhitungan sistem elektronik menggunakan persamaan:

$$\% \text{ Penyimpangan} = \left| \frac{\text{perhitungan} - \text{pengukuran}}{\text{perhitungan}} \right| \times 100\%$$

$$= \left| \frac{0.5 - 0.498}{0.5} \right| \times 100\%$$

$$= 0.4\%$$

$$\% \text{ Penyimpangan Rata-rata} = \frac{\Sigma \% \text{ Penyimpangan}}{n}$$

$$= \frac{6.35}{5}$$

$$= 1.27\%$$

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa prosentase penyimpangan terbesar adalah 3.45%. Hasil pengujian sistem elektronik untuk alat ukur kadar besi dalam air ini menunjukkan prosentase penyimpangan rata-rata sebesar 1.27%, sehingga dapat dikatakan sistem elektronik dapat digunakan untuk mengolah data pada penelitian ini.

#### 4.2.2 Sistem Keseluruhan

Analisis data untuk pengujian keseluruhan sistem alat ukur kadar besi dalam air dilakukan dengan menghitung prosentase Kesalahan Relatif (KR) hasil pengukuran alat dari hasil perhitungan kadar besi dalam air. Adapun persamaan yang digunakan adalah:

$$\begin{aligned} \% KR &= \left| \frac{\text{hasil pengukuran alat} - \text{hasil perhitungan}}{\text{hasil perhitungan}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{4 - 4.17}{4} \right| \times 100\% \\ &= 4.25\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Kesalahan Rata-rata} &= \frac{\Sigma \% \text{ Kesalahan}}{n} \\ &= \frac{12.19}{11} \\ &= 1.11\% \end{aligned}$$

Dari tabel 4.2 dapat dilihat bahwa prosentase kesalahan terbesar adalah 4.25% yaitu pada pengukuran kadar besi dalam air sebesar 4%. Hasil pengujian

sistem keseluruhan untuk alat ukur kadar besi dalam air ini menunjukkan kesalahan rata-rata sebesar 1.11%.

### **4.3 PEMBAHASAN**

#### **4.3.1 Sistem Elektronik**

Data yang diperoleh dari hasil pengujian sistem elektronik menunjukkan bahwa terdapat data dengan prosentase penyimpangan terkecil dan penyimpangan terbesar. Penyimpangan terkecil yakni sebesar 0.14% terjadi pada saat sistem elektronik diberikan tegangan masukan 0.4 V. Secara perhitungan tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 1.5 V, akan tetapi pada kenyataannya tegangan keluaran dari sistem elektronik sebesar 1.498 V, sehingga penyimpangannya hanya sebesar 0.14%. Sedangkan prosentase penyimpangan terbesar yakni sebesar 3.45% terjadi pada saat sistem elektronik diberikan tegangan masukan 0.45 V. Secara perhitungan tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 2 V, akan tetapi hasil tegangan yang dihasilkan sistem elektronik sebesar 2.069 V, sehingga penyimpangan mencapai 3.45%.

#### **4.3.2 Sistem Keseluruhan**

Data yang diperoleh dari perbandingan hasil perhitungan dengan hasil pengukuran alat menunjukkan bahwa ada beberapa data yang memiliki prosentase kesalahan relatif terkecil dan terbesar. Yaitu 0% untuk kesalahan relatif terkecil dan 4.25% untuk kesalahan relatif terbesar. Kesalahan relatif terkecil terjadi pada pengukuran kadar besi pada sampel 1, 3, 6, dan 11. Hasil pengukuran alat ukur

sama dengan hasil perhitungan kadar besi semula, yakni 0% untuk sampel 1, 2% untuk sampel 3, 5% untuk sampel 6, dan 10% untuk sampel 11. Sedangkan kesalahan relatif terbesar terjadi pada pengukuran kadar besi pada sampel 5. Hasil perhitungan semula adalah 4%, sedangkan hasil pengukuran alat sebesar 4.17%. Sehingga besar prosentase kesalahan relatif adalah sebesar 4.25%.

Besar prosentase kesalahan relatif terbesar (4.25%) dapat terjadi karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi, diantaranya adalah kesalahan dalam pembuatan sampel dan suhu ruangan pada alat yang semakin meningkat. Kesalahan dalam pembuatan sampel dapat terjadi karena kurangnya ketelitian dalam pembacaan alat ukur kimia (pipet ukur dan labu ukur), sehingga dapat mempengaruhi kadar kandungan besi dalam air. Begitu juga dengan faktor kenaikan suhu ruangan. Suhu ruang alat sangat berpengaruh pada hasil pengukuran alat karena selain peka terhadap cahaya, LDR yang digunakan sebagai sensor juga relatif peka terhadap perubahan suhu, sehingga juga berpengaruh pada respon ADC yang pada akhirnya akan mempengaruhi hasil pengukuran alat ukur kadar besi dalam air.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

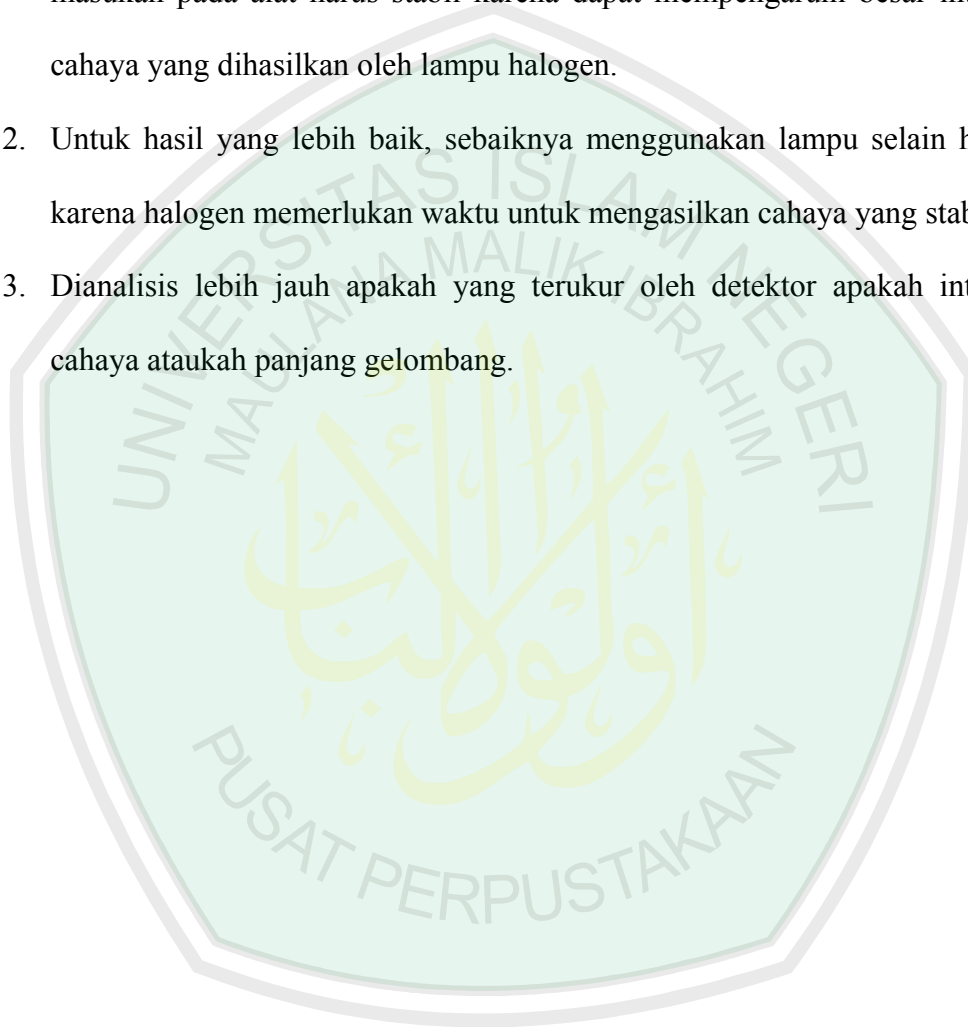
#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil pembuatan dan pengujian alat, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Alat ukur kadar besi dalam air dengan metode absorpsi spektrofotometri terdiri dari 2 sistem, yaitu sistem mekanik (lampu halogen, filter cahaya warna hijau, kuvet, serta LDR) dan sistem elektronik (pengkondisi sinyal & penguatan Op-Amp LM 358, ADC 0804, MCU AT89S51, serta LCD). Prinsip kerja alat adalah cahaya dari lampu halogen akan mengenai sampel, sebagian diserap oleh unsur besi dan sebagian diteruskan. dan ditangkap LDR. Keluaran LDR berupa tegangan akan dikondisikan dan dikuatkan agar dapat direspon ADC. Selanjutnya tegangan dikonversi oleh ADC menjadi data digital, kemudian diolah oleh MCU dan hasilnya ditampilkan pada LCD.
2. Hasil pengujian pada sistem elektronik menunjukkan nilai prosentase penyimpangan rata-rata sebesar 1.27%. Sedangkan hasil pengujian pada sistem keseluruhan menunjukkan nilai kesalahan relatif rata-rata sebesar 1.11%.

## 5.2 SARAN

1. Dalam penggunaan lampu halogen dengan suhu yang relatif cepat naik, hendaknya diperhitungkan posisinya pada sistem rangkaian. Dan tegangan masukan pada alat harus stabil karena dapat mempengaruhi besar intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu halogen.
2. Untuk hasil yang lebih baik, sebaiknya menggunakan lampu selain halogen karena halogen memerlukan waktu untuk menghasilkan cahaya yang stabil.
3. Dianalisis lebih jauh apakah yang terukur oleh detektor apakah intensitas cahaya ataukah panjang gelombang.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. *Cahaya UV/VIS*. <http://sentrabd.com/main/info/Insight/Cahaya.htm>. 21-11-2007
- Anonim. *Microcontroller AT89S51*. [www.atmel.com](http://www.atmel.com). pdf
- Beiser, Arthur. *Konsep Fisika Modern*. Jakarta : Erlangga.
- Day, R. A, JR dan Underwood, A L. 2002. *Analisis Kimia Kuantitatif*. Edisi keenam. Penerjemah : Hilarius Wibi. Jakarta : Erlangga.
- Dewi, Diana Candra, dkk. 2006. *Besi Material Istimewa Dalam Al-Qur'an*. Malang: UIN-Malang Press.
- Greenberg, Arnold E. 1962. *Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater*. New York : American Public Health Association, Inc.
- Hayati, Elok Kamilah. 2007. *Dasar-Dasar Analisis Spektroskopi*. Malang : Kantor Jaminan Mutu UIN Malang.
- Khopkar. S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Cetakan Pertama. Penerjemah : A. Saptoraharjo. Jakarta : UI. Press.
- Middleton, Richard. 2007. *Air Bersih – Ketersediaan Dan Kelangkaan Air*. Makalah Hijau. Kedubes A. S. [www.usembassyjakarta.org / ptp / airbersih. Html](http://www.usembassyjakarta.org/ptp/airbersih.html)
- NationalSemiconductor.1999.ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC08058-BitµP Compatible A/D Converters. [www.national.com](http://www.national.com). pdf
- Pasya, Ahmad Fuad. 2004. *Dimensi Sains Al-Qur'an*. Solo: Tiga Serangkai.
- Sastrohamidjojo, Hardjono. 1991. *Spektroskopi*. Yogyakarta : Liberty Yogyakarta.
- Sax-Lewis. *Condensed Chemical Dictionary*. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Seiko Instrument. 1987. *Liquid Crystal Display Module*. Japan. pdf

Shihab, M Quraish. 2005. *Tafsir Al-Misbah Volume 11*. Jakarta: Lentera Hati.

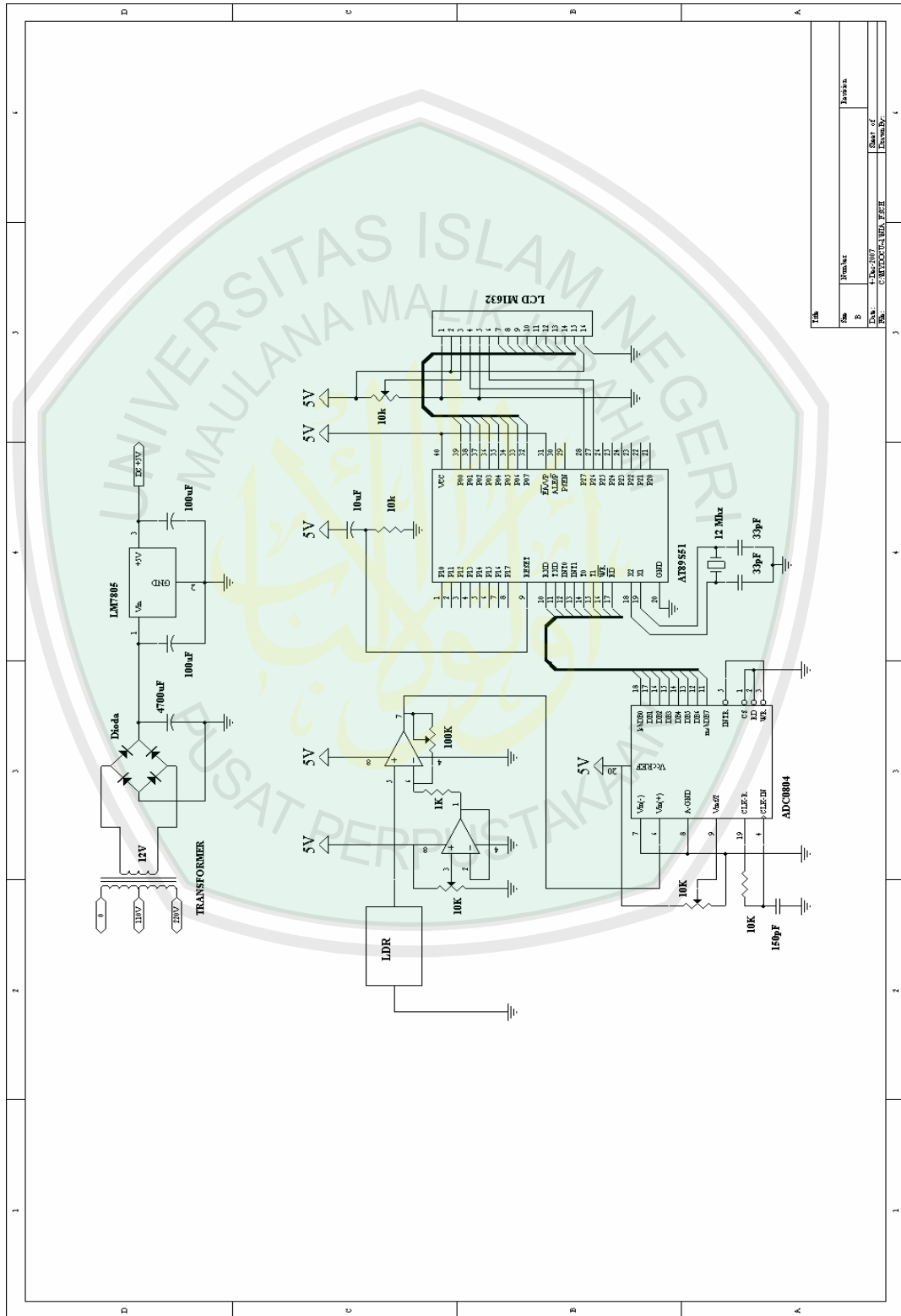
Sofyan. 2007. *Resistor Peka Cahaya*. <http://himanika.uny.or.id/forum/index>. 27-03-2008.

Sutrisno. 1987. *Elektronika 2 – Teori Dan Penerapannya*. Bandung : ITB.

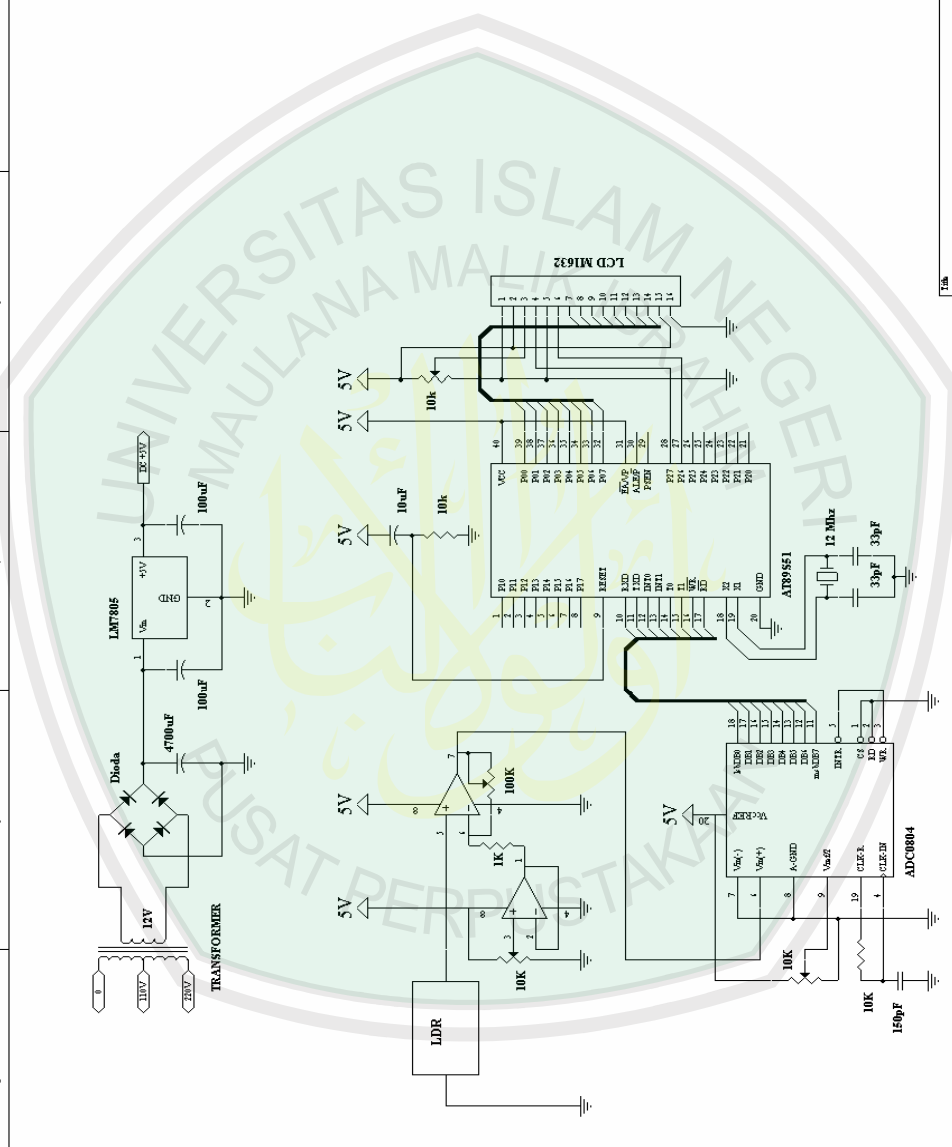


# Lampiran 1

## Gambar Rangkaian Keseluruhan



No	Revisi	Revisi
1		
2		
3		
4		



## Lampiran 2

### Listing Program

```
org 00h
;
Rest Bit P2.6
Enbl Bit P2.7
Hurfb Equ 30h
Bufrr Equ 31h
Dly0 Equ 32h
Dly1 Equ 33h
Dly2 Equ 34h
;
init: acall lcd_in
;
mulai: mov DPTR, #judul
acall line1
mov Hurfb, #16
acall tulis
acall line2
mov Hurfb, #16
acall tulis
acall delay
acall line1
mov Hurfb, #16
acall tulis
acall line2
mov Hurfb, #16
acall tulis
acall delay
mov DPTR, #ukuran
acall line1
mov Hurfb, #16
acall tulis
acall line2
mov Hurfb, #16
loop0: acall tulis
acall line1
acall bc_adc
mov P0, #0CAh
acall w_ins
mov A, P3
mov DPTR, #lokup0
movc A, @A+DPTR
mov DPTR, #angka
mov B, #10
div AB
mov Bufrr, B
cjne A, #0, loop1
mov A, #10
loop1: acall wr_chr
mov A, Bufrr
acall wr_chr
mov P0, #'.'
acall w_chr
mov A, P3
mov DPTR, #lokup1
movc A, @A+DPTR
mov B, #10
div AB
```

```

        mov     DPTR, #angka
        acall  wr_chr
        mov     A, B
        acall  wr_chr
        mov     P0, #25h
        acall  w_chr
;
        acall  del_ays
        sjmp   loop0
;
bc_adc:  mov     A, P3
        mov     B, #100
        div   AB
        mov     R1, A
        mov     A, B
        mov     B, #10
        div   AB
        mov     R2, A
        mov     R3, B
hps0:    cjne   R1, #0, hps1
        mov     R1, #10
hps1:    cjne   R2, #0, hps2
        cjne   R1, #10, hps2
        mov     R2, #10
hps2:    ret
;
line1:   mov     P0, #80h
        acall  w_ins
        ret
;
line2:   mov     P0, #0C0h
        acall  w_ins
        ret
;
tulisi:  clr     A
        movc   A, @A+DPTR
        mov     P0, A
        acall  w_chr
        inc   DPTR
        djnz   Hurf, tulisi
        ret
;
wr_chr:  movc   A, @A+DPTR
        mov     P0, A
        acall  w_chr
        ret
;
w_ins:   clr     Enbl
        clr     Rest
        setb   Enbl
        clr     Enbl
        acall  jeda
        ret
;
w_chr:   clr     Enbl
        setb   Rest
        setb   Enbl
        clr     Enbl
        acall  jeda
        ret
;
lcd_in:  acall  del_ays
        mov     P0, #01h
; Display Clear

```

```

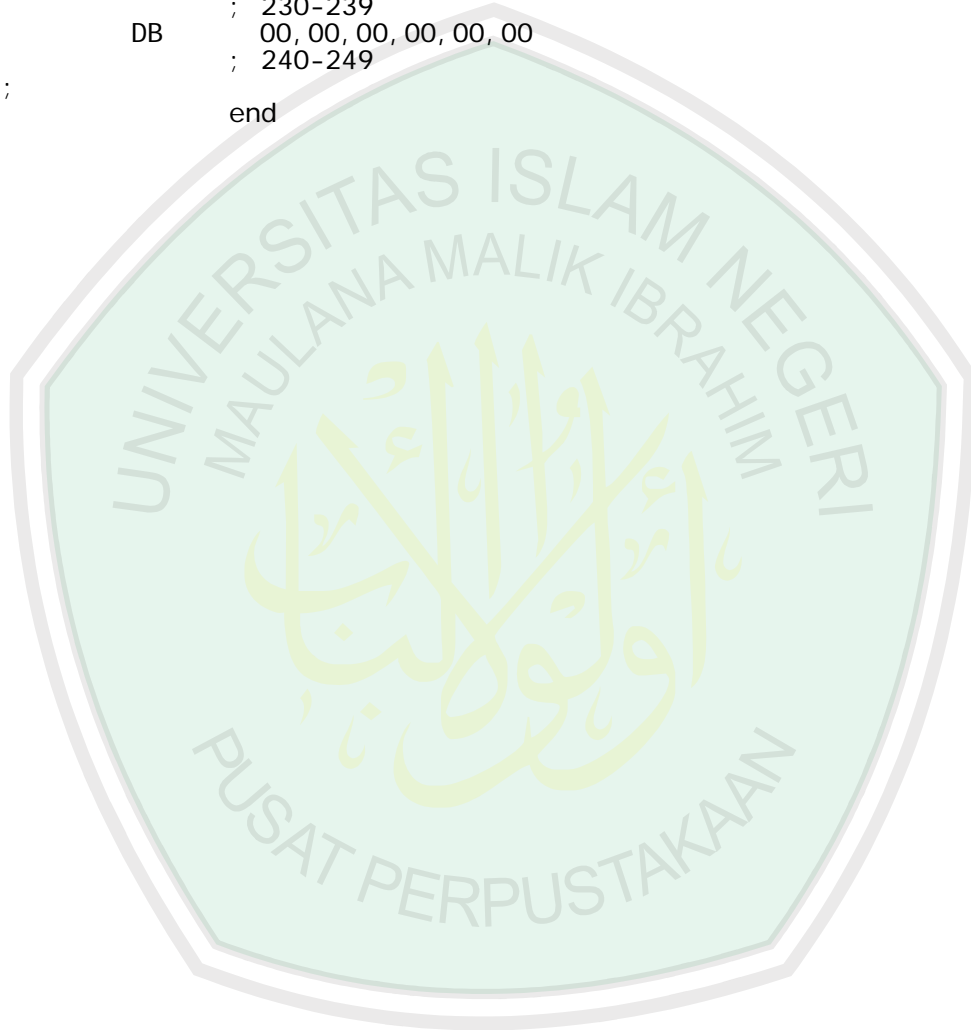
        acall    w_i ns
        mov     P0, #38h
Function Set
        acall    w_i ns
                mov     P0, #0Dh
                ; Di spl ay On, Cursor, Bl ink
        acall    w_i ns
                mov     P0, #06h
                ; Entry Mode
        acall    w_i ns
                mov     P0, #02h
                ; Cursor Home
        acall    w_i ns
        acall    del ays
        ret
;
jeda:   djnz    DI y0, $
        ret
;
del ays: acall    jeda
        djnz    DI y1, del ays
        ret
;
del ayl : mov     DI y2, #20
        acall    del ays
        djnz    DI y2, dl yl
        ret
;
judul : DB      ' Pengukur Kadar '
        DB      ' Besi Dal am Ai r '
nama:   DB      ' Ni a Fari cha '
        DB      ' NIM : 03540019 '
ukur:   DB      ' Kadar Besi (Fe) '
        DB      ' Dal am Ai r: '
angka: DB      ' 0123456789 '
;
lokup0: DB      00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
        ; 00-09
        DB      00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
        ; 10-19
        DB      00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
        ; 20-29
        DB      00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
        ; 30-39
        DB      00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
        ; 40-49
        DB      10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10
        ; 50-59
        DB      10, 10, 10, 10, 09, 09, 09, 09, 09, 09
        ; 60-69
        DB      09, 09, 09, 09, 09, 09, 08, 08, 08, 08
        ; 70-79
        DB      08, 08, 08, 08, 08, 08, 08, 08, 07, 07
        ; 80-89
        DB      07, 07, 07, 07, 07, 06, 06, 06, 05, 05
        ; 90-99
        DB      05, 05, 05, 05, 05, 05, 05, 05, 05, 04
        ; 100-109
        DB      04, 04, 04, 04, 04, 04, 03, 03, 03, 03
        ; 110-119
        DB      03, 03, 03, 03, 03, 03, 02, 02, 02, 02
        ; 120-129
        DB      02, 02, 02, 02, 02, 02, 02, 02, 02, 02
        ; 130-139

```

DB	02, 01, 01, 01, 01, 01, 01, 01, 01, 01
	; 140-149
DB	01, 01, 01, 01, 01, 01, 01, 01, 01, 01
	; 150-159
DB	01, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 160-169
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 170-179
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 180-189
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 190-199
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 200-209
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 210-219
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 220-229
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 230-239
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 240-249
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 250-255
okup1: DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 00-09
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 10-19
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 20-29
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 30-39
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 40-49
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 50-59
DB	00, 00, 00, 00, 20, 35, 45, 67, 75, 89
	; 60-69
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 35, 73, 00, 00
	; 70-79
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 31, 57
	; 80-89
DB	78, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 35, 77
	; 90-99
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 50
	; 100-109
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 42, 76, 00, 00
	; 110-119
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 43, 75, 00, 00
	; 120-129
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 130-139
DB	00, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90
	; 140-149
DB	00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00, 00
	; 150-159
DB	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24, 27
	; 160-169
DB	30, 33, 36, 39, 42, 45, 48, 51, 54, 57
	; 170-179
DB	60, 63, 66, 69, 72, 75, 79, 83, 88, 95
	; 180-189

DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00  
; 190-199  
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00  
; 200-209  
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00  
; 210-219  
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00  
; 220-229  
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00  
; 230-239  
DB 00,00,00,00,00,00,00,00,00,00  
; 240-249

end

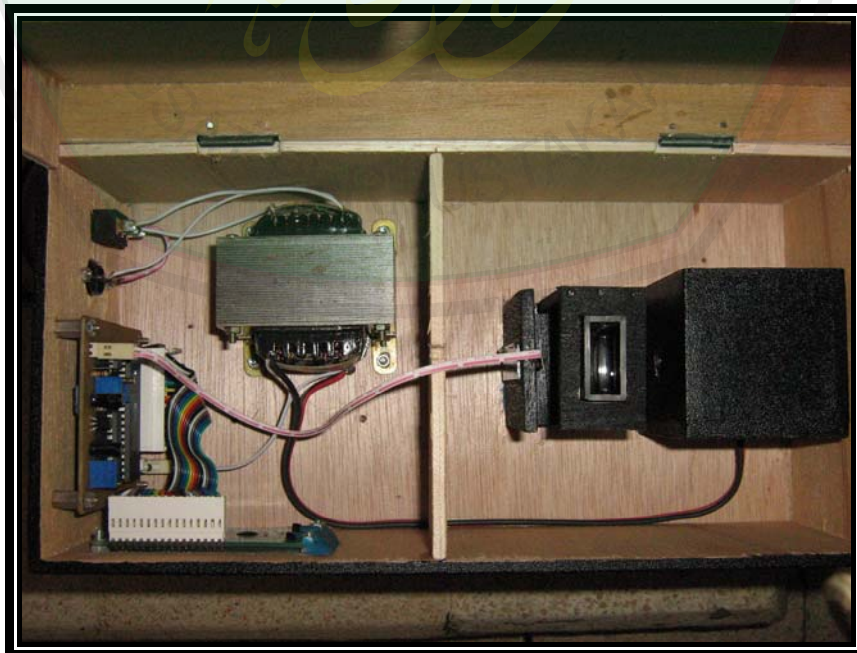


### Lampiran 3

#### Gambar Foto Alat



Gambar Foto Alat Tampak Depan



Gambar Foto Alat Bagian Dalam

## **Lampiran 4**

### **Data Sheet Komponen**

- 1) Penguat Op-Amp LM358**
- 2) ADC 0804**
- 3) MCU AT89S51**

