PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR DIOPTRI KACAMATA DENGAN MENGGUNAKAN METODE DUA LENSA BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51

SKRIPSI

Oleh:

LULUK KHOIRUL FITRIYAH
NIM: 03540011

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
MALANG

2008

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR DIOPTRI KACAMATA DENGAN MENGGUNAKAN METODE DUA LENSA BERBASIS MIKROKONTROLER AT89S51

SKRIPSI

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

Oleh:

LULUK KHOIRUL FITRIYAH
NIM: 03540011

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MALANG
MALANG
2008

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR DIOPTRI KACAMATA DENGAN MENGGUNAKAN METODE DUA LENSA BERBASIS MIKROKONTROLLER AT89S51

Oleh:

LULUK KHOIRUL FITRIYAH
NIM: 03540011

Telah Disetujui untuk Diuji
Malang, 5 April 2008

Dosen Pembimbing I,	Dosen Pembimbing II,
Agus Mulyono S.Pd., M.Kes.	**Ach Nasichuddin, M.Ag**
NIP 150 294 457	**NIP 150 320 531**

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang

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

LEMBAR PENGESAHAN

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT UKUR DIOPTRI KACAMATA DENGAN MENGGUNAKAN METODE DUA LENSA BERBASIS MIKRONTROLLER AT89S51

SKRIPSI

OLEH

LULUK KHOIRUL FITRIYAH
NIM 03540011

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima sebagai Salah Satu Persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 11 April 2008

Susunan Dewan Penguji:		Tanda Tangan
1. Penguji Utama	: Ahmad Abtokhi, M. Pd. NIP 150 327 245	( )
2. Ketua	: Novi Avisena, M.Si. NIP 150 377 941	( )
3. Sekretaris	: Agus Mulyono, M. Kes. NIP 150 294 457	( )
4. Anggota	: Ach Nashichuddin, M.A NIP 150 320 531	( )

Mengetahui dan Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika

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

Motto

وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَنشَأَ لَكُمُ ٱلسَّمْعَ وَٱلْأَبْصَٰرَ وَٱلْأَفْـِٔدَةَ ۚ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ ﴿٧٨﴾

Artinya : Dan Dialah yang telah menciptakan bagi kamu sekalian, pendengaran, penglihatan dan hati. Amat sedikitlah kamu bersyukur (QS. al-Mu'minun : 78)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

PERSEMBAHANKU :

Sang pemilik jiwaku, yang maha mengabulkan segala do'a, segala puji syukur senantiasa terlahir untuk-Mu, Ya... Robbi.
Nabi akhir zaman pemberi safa'at, sholawat serta salam senantiasa tercurahkan kaharibaanmu, ya... Rosulullah saw

Kedua orang tuaku tercinta; Moh Sholeh dan Siti Wasi'ah yang selalu mendidik, mendoakan dan menyayangiku… terima kasih atas segalanya. semoga Allah selalu memberikan kesehatan, kebahagiaan dunia-akhirat dan umur panjang…Amin

Yang aku sayangi Mas Fuad dan De' Faiq terima kasih atas dukungan dan motivasinya selama ini.

Yang mengajari aku, guru-guruku, ustadz-ustadzahku, dosen-dosenku, Guru spiritualku abah Muhdlor beserta keluarga, terima kasih atas bimbingan dan petuah yang diberikan selama ini.

Dosen2 Fisika yang terhormat; P.Tirono, P.Tazi, P.Tokhi, P.Basid, P.Agus Kris, P.Agus Mul, P.Irjan, P.Farid, P.Novi, Bu Erika dan Bu Erna. Semoga Allah membalas kebaikan Mereka…Amin

Untuk teman-temanku Sifa, Luluk m, Idho', Nia, Nanik thanks banget and Semua temen2 Fisika angkatan 2003
"kapan kita bisa berkumpul and camping bareng"

Para santri putra- putri yang budiman Pesantren Luhur Malang
(Hum Rijaalun Nahnu Yo Rijaalun)
semoga kita dipertemukan kembali dan bisa ngaji bareng lagi

Teman-teman :
Penghuni kamar M' Daris: Firoh, Lely, Endah, Wardah, Fiter, Ifa, Rizka, Fitri, Hindun, Sarofah and Rika (terima kasih buat semua)
Arek-arek wartel : Anam & Cak Yus (Makasih atas nasehat, waktu dll)
Aan, Desi, Risa,Uun, Konyil makasih supporte akhirnya aku bisa lulus.
M' Santy makasih bantuannya

Dan untuk semua orang yang aku sayangi dan yang menyayangiku

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. atas segala rahmat, taufiq serta hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **"Perancangan Dan Pembuatan Alat Ukur Dioptri Kacamata Dengan Menggunakan Metode Dua Lensa Berbasis Mikrokontroler AT89S51".**

Shalawat serta salam tetap terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW., yang telah membimbing ummatnya ke jalan yang diridloi Allah SWT. yakni *Diinul Islam*.

Penulis menyadari bahwa baik dalam perjalanan studi maupun dalam penyelesaian skripsi ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Suprayogo, selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Malang, dan para pembantu Rektor, atas segala motivasi dan layanan fasilitas yang telah diberikan selama penulis menempuh studi.
2. Prof. Drs. Sutiman Bambang Sumitro, SU, Dsc. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang
3. Drs. Moh. Tirono, M.Si., selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.

4. Agus Mulyono, M.Kes. selaku Dosen Pembimbing I yang penuh perhatian, ketelatenan, kesabaran dalam memberikan bimbingan dan arahan dalam penulisan skripsi ini.
5. A. Nasichuddin, M.Ag. selaku pembibing II yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan pengarahan selama penulisan skripsi di bidang integrasi Sains dan Al-Qur'an.
6. Segenap bapak ibu dosen pengajar UIN Malang terima kasih atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
7. Ayah dan Ibu yang selalu membimbing, mendidik, mengarahkan, dan mendo'akan sehingga sampai pada detik-detik penulisan skripsi ini dengan lancar.
8. Teman-teman Fisika, terutama angkatan 2003 beserta semua pihak yang telah membantu penyelesaian skripsi ini.

Tiada ucapan yang dapat penulis haturkan kecuali *"Jazaakumullah Ahsanal Jazaa"* semoga semua amal baiknya diterima oleh Allah SWT.

Dengan bekal dan kemampuan terbatas, penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan. Akhirnya, tiada kata selain harapan semoga skripsi ini bermanfaat sesuai dengan maksud dan tujuannya. Amiin Ya Robbal Alamiin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 5 April 2008

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGAJUAN ii
HALAMAN PERSETUJUAN iii
HALAMAN PENGESAHAN iv
MOTTO v
PERSEMBAHAN vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
ABSTRACT xvi
ABSTRAK xvii

BAB I: PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 5
1.3 Tujuan Penelitian 6
1.4 Batasan Masalah 6
1.5 Manfaat Penelitian 7
1.6 Sistematika Penulisan 7

BAB II: KAJIAN PUSTAKA

2.1 Mata 9
2.1.1 Alat Optik Mata 9
2.1.2 Daya Akomodasi 13
2.1.3 Cacat Pengelihatan 15
2.2 Lensa 16
2.2.1 Jarak Fokus pada Lensa 19
2.2.2 Ukuran Daya Bias Lensa 20

2.2.3 Koreksi Miopi dan Hipermiopi dengan Lensa 22
2.3 Mikrokontroller AT89S51 27
2.3.1 Arsitektur Mikrokontroller AT89S51 28
2.3.2 Susunan Pin MCS AT89S51 31
2.3.3 Rangkaian Osilator 33
2.3.4 Memori Data Internal 35
2.3.5 Memori Data Eksternal 34
2.3.6 Register Fungsi Khusus 36
2.4 *Motor Stepper* 39
2.5 *Limit Swicth* 40
2.6 *Liquid Cristal Display* (LCD) 41
2.7 Ketidakpastian dalam Pengukuran 43
2.8 Indera Pengelihatan dalam Prespektif Al-Qur'an 46
2.9 Kerangka Konseptual 53

BAB III: METODE PENELITIAN

3.1 Bentuk dan Sampel Penelitian 55
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian 55
3.3 Instrumen Penelitian 55
3.3.1 Perencangan Alat 55
3.3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat 57
3.3.3 Perancangan Mekanik 61
3.3.4 Perancangan Elektronik 61
3.4 Teknik Pengumpulan Data 73
3.5 Teknik Analisis Data 74

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Alat 75
4.1.1 Pengujian pada Rangkaian Motor Stepper dan Driver 75
4.1.2 Pengujian pada Rangkaian Limit Swicth 77
4.1.3 Pengujian pada Rangkaian Tombol 78

4.1.4 Pengujian pada Rangkaian LCD 79
4.2 Prinsip Kerja dan Pengoperasian Alat 80
4.3 Analisa Data Penelitian 82
4.3.1 Percobaan Alat 82
4.3.2 Data Hasil Penelitian 82
4.3.3 Pengolahan Data 83
4.4 Pembahasan 86
4.4.1 Pembahasan Alat 86
4.4.2 Pembahasan dalam Kajian Al-Qur'an 89

BAB V: PENUTUP

5.1 Kesimpulan 93
5.2 Saran 94

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

2.1 Korelasi Antara Jarak Titik dengan Berbagai Usia.....14

2.2 Fungsi Alternatif *Port*-3 32

2.3 *Bank Register* 36

2.4 Pembagian Alamat pada Fungsi-Fungsi Khusus 38

2.5 Pin-pin *Liquid Cristal Display* (LCD) dan Konfigurasinya 43

4.1 Hasil Pengujian Rangkaian *Motor Stepper* pada AT89S51 76

4.2 Hasil Pengujian Rangkaian *Motor Stepper* dan *Driver* pada AT89S51 76

4.3 Hasil Pengujian Rangkaian *Limit Swicth* pada AT89S51 77

4.4 Hasil Pengujian Rangkaian Tombol pada AT89S51..... 78

4.5 Hasil Pengujian pada Rangkaian *Liquid Cristal Display* (LCD) pada AT89S51..... 80

4.6 Data Mentah dari 10 Sampel..... 82

4.7 Pengolahan Data Sampel No. 3..... 83

4.8 Nilai Kuat Lensa Hasil Penelitian 84

4.9 Kesalahan Relatif Pemakian Nilai Fokus Lensa Beberapa Sampel 85

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1.1 Rangkaian Optik Metode Dua Lensa....4

2.1 Mata Manusia.... 10
2.2 Cacat Pengelihatan 15
2.3 Enam Bentuk Lensa yang Mungkin 16
2.4 Pembiasan Lensa *Konveks* 17
2.5 Pembiasan Lensa Positif 18
2.6 Fokus Lensa 19
2.7 Efek Kekuatan Lensa pada Jarak Fokus 21
2.8 Koreksi *Miopi* dengan Lensa *Konkaf* dan Koreksi *Hipermiopi* dengan Lensa *Konveks* 22
2.9 Bayangan Mata *Miopia* di Titik Jauh 23
2.10 Bayangan Mata *Miopia* pada Titik Dekat.... 23
2.11 Mata *Miopia* Menggunakan Kacamata Negatif 23
2.12 Sistem Optik pada Mata *Miopia* dengan Lensa Positif 24
2.13 Sistem Optik Mata *Miopia* Setelah Lensa Positif Digeser 24
2.14 Blok Diagram AT89S51 30
2.15 Susunan Pin Diagram AT89S51 31
2.16 Rangkaian Osilator AT89S51 34
2.17 Motor *Stepper Bipolar* dan *Unipolar* 39
2.18 *Motor Stepper Unipolar* dengan *Common* yang Digabung 40
2.19 *Limit Swicth* 41
2.20 *Liquid Cristal Display* (LCD) M1632 42
2.21 Diagram Konseptual.... 54

3.1 Rangkaian Optic Metode Dua Lensa.... 56
3.2 Diagram Blok Rangkaian 59
3.3 Rangkaian *Motor Stepper* dan *Driver* 63

3.4 Rangkaian Minimum Mikrokontroller AT89S51 64
3.5 Rangkaian *Limit Swich* 65
3.6 Rangkian *Liquid Cristal Display* (LCD) 67
3.7 Rangkaian PCB 68
3.8 Diagram Alur Progam Utama 71
3.9 Diagram Alur Progam Reset Lensa 72

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran **Halaman**

Lampiran I Gambar Rangkaian Alat Keseluruhan..... 97
Lampiran II Gambar Alat Ukur Dioptri Kacamata..... 99
Lampiran III List Program Assambler..... 101
Lampiran IV Gambar Hasil Pemeriksaan di Toko Optik..... 113
Lampiran V Hasil Pengukuran Tiap Sampel 114
Lampiran VI Kartu Bimbingan Skripsi..... 116

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

ABSTRACT

Fitriyah, Luluk Khoirul. 2008. **Design and Fabrication of Eyeglass Dioptry Mesuarement Equipment using Two Lens Method Based on Microcontroller AT89S51.** Thesis. Physics Departement. Science and Teknology Faculty. The State Islamic University (UIN) Malang.
Advisor : (1) Agus Mulyono, M.Kes. (2) Ahmad Nasichuddin, M.Ag.

Key words: Dioptry Mesuarement Equipment, Microcontroller AT89S51

To determine the strenght of eyeglass lens that suitable for heterophy is usually used a trial method. This method is uneffective because need many lens and sometimes is used *Retinoskop Canon* RK-F1 that the price so expensive.

The purpose of this thesis was to get dioptry measurement equipment of eyeglass (the strenght of lens) that suitable for the heterophy especially *ametropia*. The method used to determine lens strenght of eyeglass is two lens method which is combination of two dome shaped with the some focus value. The focus value used in this research is 25 cm.

The sample of this research obtained from student Islamic State University (UIN) of Malang who used the eyeglass. The data collecting start on February-March 2008. Then the data was analysed and compared with the results of check-up in the optic that to determined the plessision of the strenght of convex lens of eyeglass using two lens method.

The result of examination to dioptry dome shape of glasses, in controlling system in order microcontroller AT89S51, *motor stepper*, even *liquid cristal display* (LCD) it can be coneluded that using the design can determinate the strenght of lens that identical with the optic mesuarement. Using the method shows the relative miscalculate about 8.09%.

ABSTRAK

Fitriyah, Luluk Khoirul. 2008. **Perancangan dan Pembuatan Alat Ukur Dioptri Kacamata dengan Menggunakan Metode Dua Lensa Berbasis Mikrokontroler AT89S51.** Skripsi. Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
Pembimbing: (1) Agus Mulyono, M.Kes. (2) Ahmad Nasichuddin, M.Ag.

Kata kunci: Alat Ukur Dioptri, Mikrokontroler AT89S51

Untuk menentukan nilai kuat lensa kacamata yang cocok bagi penderita cacat mata, biasanya digunakan metode coba-coba. Metode tersebut dapat dikatakan kurang efektif karena membutuhkan lensa yang banyak. Kadang juga digunakan *retinoskop canon RK-F1* yang harganya sangat mahal.

Dalam skripsi ini tujuan yang ingin dicapai adalah untuk menghasilkan alat ukur dioptri (kuat lensa) kacamata yang cocok bagi penderita cacat mata khususnya cacat mata *ametropia*. Metode yang digunakan untuk menentukan kuat lensa kacamata adalah metode dua lensa yaitu gabungan dua lensa cembung dengan nilai fokus yang sama. Nilai fokus yang digunakan pada penelitian ini adalah 25 cm.

Penelitian ini mengambil sampel Mahasiswa Universitas Islam Negeri (UIN) Malang yang berkacamata. Data dikumpulkan pada bulan Februari-Maret 2008, data yang diperoleh kemudian dianalisis dan hasilnya dibandingkan dengan hasil pemeriksaan di toko-toko optik untuk menentukan ketelitian pada alat ukur kuat lensa dengan menggunakan metode dua lensa.

Dari hasil pegujian terhadap alat ukur dioptri kacamata melelui sistem pengontrol baik pengontrol mikrokontroller AT89S51, *motor stepper* maupun *liquid cristal display* (LCD) dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan alat ukur dioptri kacamata metode dua lensa dapat menentukan kuat lensa kacamata sesuai dengan hasil perbandingan nilai kuat lensa hasil pemeriksaan di toko optik. Pemeriksaan dengan menggunakan metode dua lensa menunjukkan nilai kesalahan relatif sebesar 8.09%.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Manusia dalam menjalani kehidupan sehari-hari memiliki beberapa macam indera sebagai penunjang dalam kehidupan. Diantara alat penunjang tersebut adalah indera penglihatan, indera pendengaran, indera pencium, indera perasa dan indera peraba. Dari beberapa indera yang telah disebutkan indera penglihatan merupakan salah satu panca indera yang paling vital dalam melakukan suatu proses interaksi, persepsi, dan interpretasi terhadap suatu peristiwa atau kejadian yang kita hadapi.

Indera penglihatan atau yang lebih kita kenal dengan mata membantu kita melihat semua kejadian atau peristiwa, merekam suatu peristiwa dan dapat menikmati semua keindahan yang terdapat di alam jagat raya ini. Dari beberapa macam indera yang telah disebutkan diatas Indera penglihatan lebih penting dari pada indera lainnya, akan hilang kenikmatan apabila mata tidak dapat difungsikan atau mengalami kelainan.

Mata sebagai indera penglihatan yang dimiliki oleh manusia merupakan suatu alat indera yang sangat penting terutama dalam proses interaksi dengan manusia. Allah telah berfirman dalam Al-Qur'an surat Al-Mu'minun ayat 78 sebagai berikut:

وَهُوَ ٱلَّذِىٓ أَنشَأَ لَكُمُ ٱلسَّمْعَ وَٱلْأَبْصَـٰرَ وَٱلْأَفْـِٔدَةَ ۖ قَلِيلًا مَّا تَشْكُرُونَ ﴿٧٨﴾

Artinya : Dan Dialah yang telah menciptakan bagi kamu sekalian, pendengaran, penglihatan dan hati. Amat sedikitlah kamu bersyukur (QS. Al-Mu'minun : 78)

Dari ayat tersebut di atas dapat kita pahami bahwa Allah telah menciptakan kepada kita semua indera pendengaran dan indera penglihatan dan hati supaya kita dapat menikmati segala keindahan yang telah Allah ciptakan, merenungkannya supaya kita bersyukur atas segala sesuatu yang telah Allah berikan. Salah satu wujud syukur kita adalah dengan menjaga kesehatan kita, termasuk kesehatan mata agar kita dapat bersyukur atas segala kenikmatan yang telah diberikan.

Untuk dapat melihat secara sempurna semua bagian-bagian mata harus bekerja sama secara serasi. Indera penglihatan manusia dapat melihat secara sempurna apabila suatu benda tersebut dapat memancarkan atau memantulkan cahaya. Cahaya masuk ke mata melalui lensa mata dan bayangannya diterima oleh retina, namun terkadang bayangan tersebut jatuh tidak tepat pada retina yang disebabkan oleh kelainan atau cacat pandangan. Pada kelainan atau cacat pandangan ini terdapat dua macam kelainan yaitu bayangan jatuh di depan retina dan bayangan jatuh di belakang retina.

Islam merupakan agama yang sangat memperhatikan kesehatan, baik itu kesehatan masyarakat yang menjadi prioritas maupun kesehatan pribadi, terutama dalam menjaga kesehatan yang berhubungan ciptaan Allah. Sebagai manusia yang normal tentunya semua menginginkan dan memiliki mata yang sehat, normal dan tanpa suatu kekurangan apapun. Karena dengan mata yang sempurna yaitu tidak memiliki kelainan dalam proses penglihatan kita dapat menikmati suatu

keindahan dunia. Sebagaimana firman Allah pada surat Ash-Shaaffat sebagai berikut:

مَا لَكُمْ كَيْفَ تَحْكُمُونَ ﴿١٥٤﴾ أَفَلَا تَذَكَّرُونَ ﴿١٥٥﴾

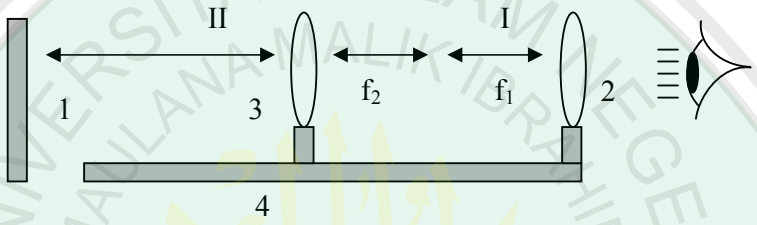
Artinya: Apakah yang terjadi padamu? Bagaimana (caranya) kamu menetapkan? Maka apakah kamu tidak memikirkan? (QS. Ash-Shaaffat : 154-155).

Dari ayat di atas dapat dipahami bahwa sebagai manusia makhluk Allah yang telah diciptakan dengan bentuk yang sempurna dan sebaik-baik penciptaan, apabila tidak memiliki kesempurnaan pada kenikmatannya maka kita diperintahkan oleh Allah untuk menggunakan akal pikiran. Dengan menggunakan akal pikiran yang telah kita miliki untuk berpikir maka kita akan dapat menutupi segala kekurangan yang terdapat pada diri kita termasuk kekurangan dalam kesempurnaan penglihatan.

Dengan menggunakan akal pikiran kita, tentunya kita akan dapat mengatasi kekurangsempurnaan penglihatan kita dengan bantuan alat atau kacamata yang disesuaikan dengan jenis dan tingkat kelainan yang diderita. Dengan bantuan dokter dan peralatan yang dimiliki oleh toko kacamata, maka penderita dapat mengetahui berapa besar kuat lensa yang dibutuhkannya. Untuk mengetahui kuat lensa kaca mata, penderita kelainan mata dapat menggunakan metode *trial and error* dengan cara melihat suatu obyek dengan bantuan lensa yang berbeda-beda kuat lensanya sampai bisa melihat dengan jelas dalam keadaan mata santai. Dengan begitu nilai kuat lensa kacamata yang dibutuhkan merupakan nilai kuat lensa dari sistem tersebut yang paling nyaman untuk obyek. Dengan cara tersebut

dibutuhkan lensa yang banyak serta lengkap, sehingga jika tidak terpenuhi maka akan mengganggu kelancaran pemeriksaan mata.

Metode lain untuk menentukan nilai kuat lensa untuk penderita cacat mata *ametropia* yaitu dengan metode dua lensa cembung. Pada metode tersebut digunakan dua lensa cembung (pasangan lensa cembung) dengan nilai fokus yang sama.



Gambar 1.1 Rangkaian Optik Metode Dua Lensa
Sumber : Mulyono, 1997

Keterangan gambar :

1. Objek
2. Lensa *konvergen* (nilai fokus 10 cm)
3. Lensa *konvergen* (nilai fokus 10 cm)
   dua lensa *konvergen* tersebut disebut lensa ukur
4. Bangku optik

Obyek berada pada jarak yang tak terhingga (atau lebih mudahnya ditentukan jaraknya). Jika $f_1 = f_2 = f$, maka apabila individu dapat melihat bayangan yang paling jelas ketika lensa II digeser ke kanan berarti sampel individu tersebut menderita cacat penglihatan *miopia.*

Apabila sampel individu dapat melihat bayangan yang paling jelas ketika lensa II digeser ke kiri, berarti sampel individu tersebut menderita cacat penglihatan *hypermiopia.* Setelah diketahuai nilai pergeseran dari eksperimen

tersebut kemudian dimasukkan kedalam persamaan guna untuk menentukan kuat lensa (dioptri) kacamata yang sesuai dengan cacat penglihatannya.

Pada penelitian Mulyono (1997) menggunakan rangkaian alat dengan cara manual untuk mengetahui kuat lensa kacamata, maka dengan kemajuan teknologi saat ini dan peralatan elektronika menjadi piranti yang sangat banyak dipergunakan maka akan dibuat alat untuk mengukur kuat lensa atau dioptri kacamata secara digital. Jadi kita tidak perlu menghitung secara manual pada alat ini, setelah mengetahui nilai pergeseran maka nilai tersebut akan diolah oleh sistem yang ditampilkan melalui *liquid cristal display* (LCD).

Penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat suatu alat pengukur dioptri kacamata yang dapat dikontrol oleh sistem secara otomatis guna mengetahui dioptri (kuat lensa) kacamata yang dapat digunakan oleh penderita cacat penglihatan secara sesuai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rancang bangun dari pengukuran dioptri kacamata dengan menggunakan metode dua lensa dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membuat alat ukur kuat lensa kacamata dengan menggunakan metode dua lensa?
2. Bagaimana menyusun perangkat keras dan perangkat lunak sesuai dengan sistem kerja *motor stepper* dan sistem komunikasi mikrokontroller

AT89S51 secara terpadu serta menampilkan hasil pergeseran dan perhitungan pada *Liquid Cristal Display* (LCD)*?*

3. Bagaimana mengetahui tingkat ketelitian dari alat ukur kuat lensa dengan menggunakan metode dua lensa?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari perancangan dan pembuatan alat ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk merancang dan membuat alat ukur dioptri kacamata dengan menggunakan metode dua lensa yang dikontrol secara otomatis.
2. Untuk menyusun perangkat keras dan perangkat lunak sesuai dengan sistem kerja *motor stepper* dan sistem komunikasi mikrokontroller AT89S51 secara terpadu serta menampilkan hasil pergeseran dan perhitungan pada *liquid cristal display* (LCD)?
3. Untuk mengetahui tingkat ketelitian alat ukur kuat lensa dengan menggunakan metode dua lensa.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak berkembang menjadi luas oleh sebab keterbatasan pengetahuan dan timbul masalah baru, maka perlu dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Metode pengukuran yang digunakan adalah metode dua lensa.
2. Menggunakan lensa *konveks* dengan fokus lensa 25 cm
3. Aplikasi Mikrokontroller menggunakan MCU AT89S51

4. Tidak membahas masalah model mekanik yang dipergunakan.
5. Perancangan dan pembuatan perangkat keras ditekankan pada teknik digital dan beberapa rangkaian pendukung yang terdapat pada sistem ini.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan menghasilkan suatu alat yang dapat memberikan ketepatan nilai kuat lensa (dioptri) kacamata bagi pemeriksa penderita cacat mata *ametropia* dengan lebih murah.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk memberikan gambaran secara umum mengenai skripsi ini maka sistematika dan pembahasan ini disusun sebagai berikut :

BAB I : Pendahuluan, adapun isi dari bab ini adalah mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan manfaat penelitian

BAB II : Kajian pustaka, isi dari bab ini adalah mengenai mata, lensa *konveks*, metode dua lensa, *motor stepper*, *limit swicth*, mikrokontroller AT89S51, *liquid cristal display (LCD)*.

BAB III : Metodologi penelitian, dalam bab ini di bahas mengenai bentuk penelitian, sampel penelitian, instrumen penelitian, teknik pengumpulan data dan analisa data.

BAB IV : Hasil dan pembahasan. Dimana dalam bab ini dibahas mengenai hasil perancangan dan pembuatan alat untuk mengetahui kuat lensa (dioptri) kacamata serta perbandingan hasil pemeriksaan dari alat

yang dibuat dengan hasil pemeriksaan yang dilakukan di toko optik yang menggunakan *retinoskop*.

BAB V : Penutup, isi dari bab ini adalah mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Mata

Banyak pengetahuan yang kita peroleh melalui suatu penglihatan untuk membedakan gelap atau terang tergantung atas penglihatan seseorang.

Ada tiga komponen pada pengindraan penglihatan:

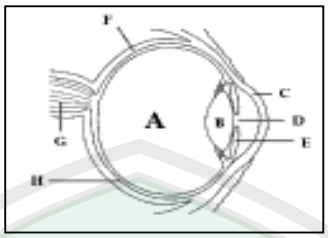
a. Mata memfokuskan bayangan pada retina
b. Sistem syaraf yang memberikan informasi ke otak
c. Korteks penglihatan salah satu bagian yang menganalisa penglihatan tersebut.

2.1.1 Alat Optik Mata

Mata adalah organ penglihatan yang mendeteksi cahaya. Yang dilakukan mata yang paling sederhana tak lain hanya mengetahui apakah lingkungan sekitarnya adalah terang atau gelap. Mata yang lebih kompleks dipergunakan untuk memberikan pengertian visual.

Mata merupakan organ yang telah terbentuk untuk mengesan cahaya. Mata yang paling ringkas hanya berfungsi mengesan sama ada keadaan sekeliling terang atau gelap. Mata yang lebih rumit berfungsi untuk memberikan deria penglihatan.

Dibawah ini gambar mata manusia.



Gambar 2.1 Mata Manusia
Sumber : www.ensikliopedi/mata.com

Keterangan:

A. Badan Kaca

Badan kaca merupakan suatu jaringan seperti kaca bening yang terletak antara lensa dengan retina. Badan kaca bersifat semi cair di dalam bola mata. Bagian ini mengandung air sebanyak 90% sehingga tidak dapat lagi menyerap air. Sesungguhnya fungsi badan kaca sama dengan fungsi cairan mata, yaitu mempertahankan bola mata agar tetap bulat. Peranannya mengisi ruang untuk meneruskan sinar dari lensa ke retina. Badan kaca melekat pada bagian tertentu jaringan bola mata. Perletakan itu terdapat pada bagian yang disebut *oraserata*, *pars plana*, dan *papil* saraf optik, kebeningan badan kaca disebabkan tidak terdapatnya kekeruhan badan kaca akan memudahkan melihat bagian retina pada pemeriksaan *oftalmoskopi*. (Sidarta, 1997: 4).

B. Lensa

Lensa ini disebut lensa kristalin dan berfungsi untuk mengatur pembiasan yang disebabkan oleh cairan air didepan lensa kristalin. Jaringan ini berasal dari ektoderm permukaan yang berbentuk lensa di

dalam mata dan bersifat bening. Lensa didalam bola mata terletak di belakang iris yang terdiri dari zat tembus cahaya berbentuk seperti cakram yang dapat menebal dan menepis pada saat terjadinya akomodasi. (Ganong, 1981: 116)

C. Kornea

Kornea (Latin *cornum* = seperti tanduk) adalah selaput bening mata, bagian selaput mata yang tembus cahaya, merupakan lapis jaringan yang menutup bola mata sebelah depan. Selaput bagian depan mata mempunyai lengkungan yang lebih tajam, yang dilapisi oleh selaput (membran) yang cukup kuat dan tembus cahaya. Dibelakang kornea terdapat cairan air *(aqueous humor)*. Pembiasan sinar terkuat dilakukan oleh kornea, dimana 40 dioptri dari 50 dioptri pembiasan sinar masuk kornea dilakukan oleh mata. (Bartley, 2000: 181)

D. Pupil

Celah lingkaran yang dibentuk oleh iris, lebar pupil diatur oleh selaput iris. Ditempat yang gelap pupil membesar agar lebih banyak cahaya yang masuk. Pupil anak-anak berukuran kecil akibat belum berkembangnya saraf simpatis. Orang dewasa ukuran pupil adalah sedang, dan orang tua pupil mengecil akibat rasa silau yang dibangkitkan oleh lensa yang skeloris. Fungsi mengecilnya pupil untuk mencegah aberasi kromatis pada okomodasi dan untuk memperdalam fokus seperti pada kamera foto yang difragmanya dikecilkan. (Howard, 2000: 182)

E. Iris

Selaput pelangi, selaput bola mata yang terletak di belakang kornea mata yang membentuk batang pupil dan memberikan warna khusus pada mata. Sebentuk cakram bundar pada mata yang terletak antara kornea dan lensa yang mengelilingi pupil. Disebut juga selaput yang terdapat di depan lensa kristalin yang membentuk celah lingkaran, selaput ini memberikan warna mata. (Sidarta, 1997: 7)

F. Sklera

Bagian putih bola yang bersama-sama dengan kornea merupakan pembungkus dan pelindung isi bola mata. Sklera berjalan dari pupil saraf optik sampai kornea. Sklera anterior ditutupi oleh 3 lapisan ikat vaskular. Sklera mempunyai kekuatan tertentu sehingga mempengaruhi pengukuran tekanan bola mata. Walaupun sklera kaku dan tipisnya 1 mm tetapi masih tahan terhadap kontusi trauma tumpul, kekakuan sklera dapat meninggi pada pasien diabetes melitus, atau merendah pada *aksoftalmos goiter*, *miotika*, dan meminum air banyak. (Bartley, 2000: 182)

G. Saraf optik

Saraf optik yang keluar dari *polus posterior* bola mata membawa 2 jenis serabut saraf, yaitu : penglihat dan serabut pupilomotor. Kelainan saraf optik menggambarkan gangguan yang diakibatkan tekanan langsung atau tidak langsung terhadap saraf optik ataupun perubahan toksis dan anoksis yang mempengaruhi penyaluran aliran listrik. Di dalam retina urat

syaraf optik berakhir pada benda-benda berbentuk batang, atau pada benda-benda berbentuk kerucut. (Sidarta, 1997: 9)

H. Retina

Retina atau selaput jala, merupakan bagian mata yang mengandung reseptor yang menerima rangsangan cahaya. Retina terbatas dengan koroid dengan sel pigmen epitel retina, warna retina biasanya jingga dan kadang-kadang pucat pada *anemia* dan *iskemia* dan merah pada *hiperamia*.

Pembuluh darah di dalam retina merupakan cabang arteri oftalmika, arteri retina sentral masuk retina melalui papil saraf optik yang akan memberikan nutrisi pada retina dalam. Lapisan luar retina atau sel kerucut dan batang mendapat nutrisi pada retina dalam. Untuk melihat fungsi retina maka dilakukan pemeriksaan subjektif retina seperti: tajam penglihatan, penglihatan warna, dan lapang pandangan. (Ganong, 1981: 117)

2.1.2 Daya Akomodasi

Dalam hal memfokuskan objek pada retina mata memegang peranan penting. Kornea mempunyai fungsi memfokuskan objek secara tetap demikian pula bola mata (diameter bola mata 20-23 mm). Kemampuan lensa mata untuk memfokuskan objek disebut daya akomodasi. Selama mata melihat jauh, tidak terjadi akomodasi. Makin dekat benda yang dilihat semakin kuat mata atau lensa berakomodasi. Daya akomodasi ini tergantung kepada umur. Usia makin tua daya okomodasi semakin menurun. Hal ini disebabkan kekenyalan lensa atau *elastisitas* lensa semakin berkurang. (Gabriel, 1996: 149)

Jarak terdekat dari benda agar masih dapat dilihat dengan jelas dikatakan benda terletak pada titik dekat atau *punktum proksimum*. Jarak *punktum proksimum* terhadap mata dinyatakan *P* (dalam meter) maka disebut *Ap (aksial proksimum),* pada saat itu mata berakomodasi sekuat-kuatnya (mata berakomodasi maksimum). Jarak terjauh bagi benda agar masih dapat dilihat dengan jelas dikatakan benda terletak pada titik jauh atau *punktum remotum*. Jarak *punktum remotum* terhadap mata dinyatakan *r* (dalam meter) maka disebut *Ar (Aksial remotum),* pada saat ini mata tidak berokomodasi atau lepas akomodasi.

Selisih Ap dengan Ar disebut lebar akomodasi, dapat dinyatakan:

Ac = Ap – Ar

Ac = lebar akomodasi yaitu perbedaan antara akomodasi maksimal dengan lepas akomodasi maksimal.

Secara empiris Ac = 0,0028 (80 th - L)^2 dioptri

L = umur dalam tahun

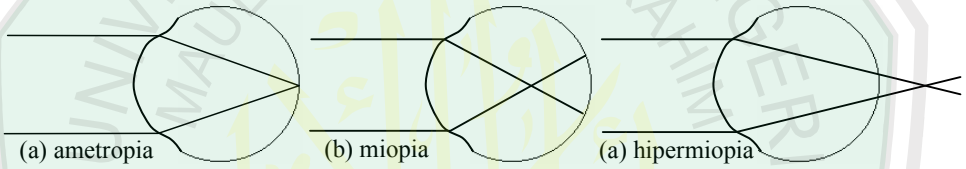
Bertambah jauhnya titik dekat akibat umur disebut mata *presbiob*. *Presbiop* ini bukan merupakan cacat penglihatan. Ada satu dari sekian jumlah orang tidak mempunyai lensa mata, mata demikian disebut mata afasia.

Umur (tahun)	Titik dekat (cm)
10	7
20	10
30	14
40	22
50	40
60	200

Table 2.1 Korelasi antara jarak titik dekat dengan berbagai usia
Sumber : Gabriel, 1996:149

2.1.3 Cacat Penglihatan (kelainan pembiasan)

Ada beberapa cacat penglihatan yang terjadi karena hubungan yang tidak tepat antara bagian-bagian mata jika dipandang sebagai suatu sistem. Mata yang tidak mengalami cacat penglihatan dikatakan normal atau *emetropia*. Titik jauh mata *emetropia* terletak pada jarak tak terhingga. Jika titik jauh terletak pada jarak berhingga maka mata dikatakan bersifat *ametropia*, sedang kejadian ini disebut *ametropik.* Dua bentuk sederhana *ametropia* adalah *miopia* (terang dekat) dan *hipermiopia* (terang jauh).



Gambar 2.2 Cacat Penglihatan

Sumber : Sutrisno, 1979 : 148

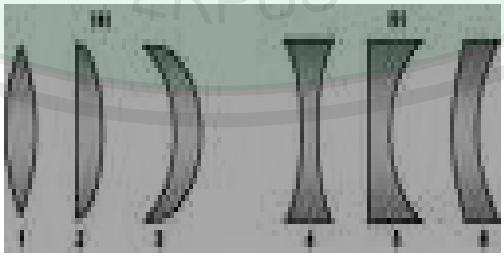
Dalam mata *miopia,* bola mata terlalu panjang untuk lengkungan kornea, dan sinar-sinar sejajar sumbu lensa terpusat didepan retina. Akibatnya jarak benda terjauh yang dapat membentuk bayangan tepat pada retina adalah berhingga, atau titik jauh mata terletak pada jarak berhingga. Dipihak lain, jarak dekat mata *miopia* dengan akomodasi lebih dekat daripada jarak dekat mata *ametropia.*

Dalam mata *hypermiopia,* bola mata terlalu pendek, sehingga sinar-sinar sejajar sumber akan membentuk bayangan dibelakang retina. Dengan akomodasi, sinar-sinar sejajar ini dapat dibuat agar membentuk bayangan pada retina. Titik dekat untuk mata *hypermiopia* lebih jauh dari titik dekat mata *ametropia*.

Secara singkat kedua cacat bayangan di atas dapat dinyatakan sebagai berikut. Mata *miopia* memberikan *konvergensi* (pemusatan) terlalu kuat terhadap sinar-sinar yang masuk mata, sedangkan mata *hypermiopia* kurang memberi konvergensi pada sinar-sinar yang masuk mata (Sutrisno,1979: 148)

2.2 Lensa

Sebuah lensa sederhana adalah sepotong lingkaran tipis bahan transparan, biasanya kaca atau plastik, yang ketebalannya berubah dari pusatnya ke pinggirnya. Kedua permukaan sebuah lensa dapat datar, cekung, atau cembung, yang memberikan lima kemungkinan bentuk lensa yang ditunjukkan pada gambar di bawah. Meskipun terdapat perbedaan-perbedaan ini dalam bentuk, hanya ada dua tipe dasar lensa : lensa pengumpul *(positif)* dan lensa penyebar *(negatif)*. Lensa cembung *(konveks)* dan cembung datar *(plano-konveks)* selalu mengumpul, lensa cekung *(plano)* dan cekung datar *(plano-konkaf)* selalu menyebar, lensa cembung cekung dapat menjadi pengumpul atau penyebar tergantung pada kelengkungan nisbi permukaan cekung dan permukaan cembungnya.

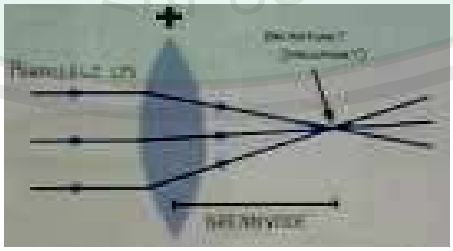


Gambar 2.3 Enam bentuk lensa yang mungkin: a. cembung ganda, b. cembung datar, c. meniskus cembung, d. cekung ganda, e. cekung datar, f. meniskus cekung.
Sumber : Cromer, 1994:588

Sebuah lensa adalah serupa dengan prisma dalam hal sinar cahaya yang dibelokkan sewaktu lewat melaluinya. Lensa berbeda dengan prisma, bagaimanapun dalam hal sudut pembelokan sinar gayut pada letak sinar memasuki lensa. (Cromer, 1994: 587 – 588).

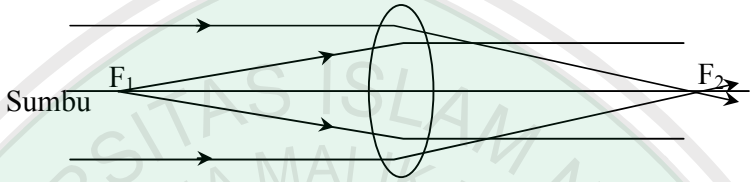
Lensa Konveks

Lensa *konveks* berfungsi untuk memfokuskan cahaya. Pada gambar dibawah memperlihatkan berkas cahaya sejajar memasuki sebuah lensa *konveks*. Berkas cahaya yang melalui bagian tengah menembus lensa tepat tegak lurus terhadap permukaan lensa dan karena itu cahaya tidak dibelokkan. Semakin dekat ke bagian tepi lensa, cahaya akan mengenai permukaan yang makin miring. Oleh karena itu semakin ke arah tepi lensa, cahaya akan semakin dibengkokkan. Separuh dari pembengkokan terjadi sewaktu cahaya masih berjalan dalam lensa, dan separuh lagi terjadi sewaktu cahaya keluar dari lensa. Bila lengkung lensa sempurna, cahaya sejajar yang melalui berbagai bagian. Lensa akan dibelokkan sedemikian rupa sehingga semua cahaya akan menuju suatu titik yang disebut titik fokus. (Giancoli, 2001: 256).



Gambar 2.4 Pembiasan Lensa Konveks
Sumber : Giancoli, 2001:256

Lensa *konveks* adalah lensa positif yang digunakan untuk menambah penglihatan yang kurang, biasanya digunakan untuk mata *hiperopia*. Dibawah ini adalah gambar dari pembiasan lensa *konveks*.



Gambar 2.5 Pembiasan lensa positif *(konveks)*

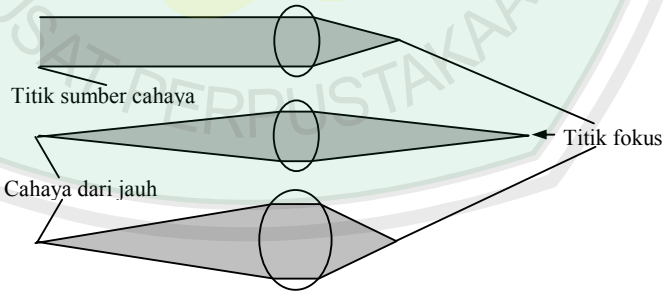
Pada gambar di atas adalah suatu lensa *sferis* positif membiaskan sinar yang berjalan sejajar dengan sumbu lensa *sferis* tersebut pada titik api ke-2 (F_2). Sinar melalui titik api ke-1 (F_1) oleh lensa *sferis* tersebut akan dibias sebagai sinar-sinar sejajar dengan sumbu lensa. Sinar melalui pusat optik lensa tidak dibias.

Karena lensa *konveks* berfungsi untuk memfokuskan cahaya maka lensa ini lebih cocok digunakan sebagai koreksi pada kelainan mata *hiperopia* yang bola matanya terlalu pendek, sehingga berkas cahaya yang datang pada fokus jatuh di belakang retina. Maka dengan memasang lensa *konveks* di depan mata untuk memperbaiki kelainan tersebut dengan menambahkannya bias lensa. Sehingga bayangan yang diterima oleh mata dapat jatuh tepat berada di depan retina.

2.2.1 Jarak Fokus pada Lensa

Jarak dari lensa *konveks* ke titik fokus disebut jarak fokus dari lensa. Gambar dibawah memperlihatkan pemfokusan dari suatu berkas cahaya sejajar. Pada diagram tengah cahaya yang datang ke lensa *konveks* tidak sejajar melainkan menyebar, karena sumber cahayanya merupakan suatu titik yang terletak tidak jauh dari lensa. Cahaya yang masuk melalui bagian tengah lensa, seperti telah diuraikan di atas, tidak dibiaskan. Cahaya yang mengenai bagian tepi lensa dibiaskan ke tengah.

Namun karena cahaya yang datang bersifat menyebar dari suatu titik, maka akan terlihat di dalam diagram bahwa cahaya ini tidak difokuskan menjadi titik pada jarak yang sama dengan jarak fokus yang dihasilkan oleh cahaya sejajar. Dengan perkataan lain, bila cahaya yang *divergen* memasuki lensa *konveks*, maka jarak fokus yang dihasilkan akan lebih jauh dibandingkan dengan jarak fokus yang dihasilkan oleh cahaya yang datang sejajar. (Guyton, 1994: 4)



Gambar 2.6 Fokus Lensa
Sumber : Guyton,1994:4

Pada gambar di atas diperlihatkan berkas cahaya *divergen* datang ke sebuah lensa *konveks* yang lengkungnya lebih cembung dibandingkan kedua lensa

diatasnya. Pada diagram ini jarak fokus yang dihasilkan ternyata sama dengan yang terdapat pada diagram pertama, dimana cahaya datang sejajar namun lensanya kurang cembung. Peristiwa ini memperlihatkan bahwa cahaya sejajar dan cahaya divergen dapat difokuskan pada jarak yang sama dibelakang lensa dengan cara mengubah kecembungan lensa.

Hubungan antara jarak fokus, jarak sumber cahaya, dan jarak bayangan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut : (Guyton, 1994: 4)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

dimana :

f = Jarak fokus lensa

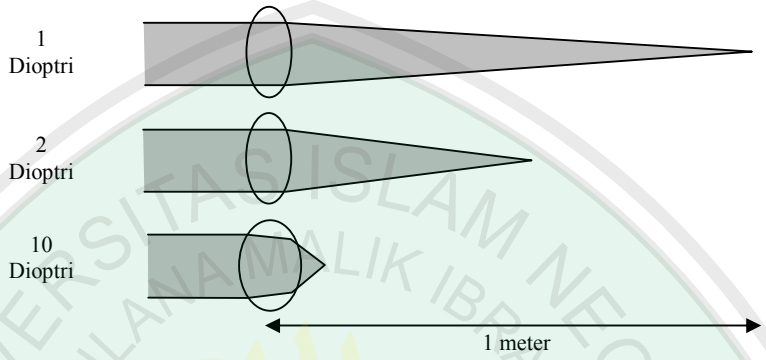
a = Jarak sumber cahaya dari lensa

b = Jarak bayangan dari lensa

2.2.2 Ukuran Daya Bias Lensa (Dioptri)

Makin besar sudut pembelokan cahaya yang diakibatkan oleh lensa, makin besar "daya bias" lensa tersebut. Ukuran daya bias lensa disebut sebagai dioptri. Daya bias lensa konveks sama dengan 1 meter dibagi dengan jarak fokusnya. Jadi sebuah lensa sferis disebut mempunyai daya bias +1 dioptri bila lensa itu memusatkan cahaya sejajar menjadi satu titik fokus 1 meter dibelakang lensa, seperti yang dilukiskan dalam gambar dibawah. Bila suatu lensa mempunyai kemampuan membelokkan cahaya dua kali kekuatan lensa yang berdaya bias +1 dioptri, maka lensa itu disebut mempunyai daya bias +2 dioptri. Sudah tentu dengan lensa ini cahaya sejajar akan difokuskan 0.5 meter dibelakang lensa. Lensa

yang mampu memusatkan cahaya sejajar ke titik fokus hanya 10 cm (0.10 meter) dibelakang lensa disebut mempunyai daya bias + 10 dioptri. (Tipler, 2001: 502-503).



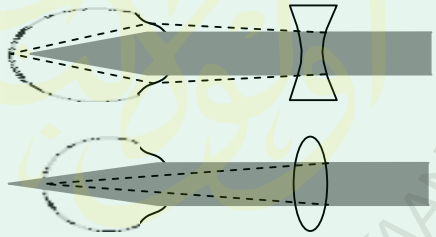
Gambar 2.7 Efek Kekuatan Lensa Terhadap Jarak Fokus
Sumber : Guyton, 1994:6

Daya bias lensa *konkaf* tidak dapat dinyatakan dengan jarak fokus dibelakang lensa, karena cahaya bukan mengalami *konvergensi* tetapi mengalami *divergensi*. Oleh sebab itu kekuatan lensa *konkaf* dilihat dari kemampuan lensa itu menyebarkan cahaya, dan sebagai perbandingan dipakai kekuatan lensa *konveks* dalam memusatkan cahaya. Bila lensa *konkaf* menyebarkan cahaya dengan kekuatan yang sama dengan lensa *konveks* berkekuatan 1 dioptri dalam memusatkan cahaya, maka lensa *konkaf* itu disebut mempunyai daya bias – 1 dioptri. Demikian pula bila sebuah lensa *konkaf* dapat menyebarkan cahaya sesuai dengan penguncupan cahaya oleh lensa berkekuatan +10 dioptri, maka lensa *konkaf* itu disebut memiliki kekuatan – 10 dioptri.

2.2.3 Koreksi Miopi dan Hipermiopi dengan Lensa

Cahaya yang melalui lensa *konkaf* akan disebarkan. Karena permukaan refraksi mata mempunyai daya bias terlalu besar seperti pada *miopia*, kelebihan daya bias ini dapat dinetralkan dengan meletakkan lensa *sferis konkaf* di depan mata. Sebaliknya pada penderita *hipermiopia* yang mempunyai susunan lensa terlalu lemah, penglihatannya dapat diperbaiki dengan menambahkan daya bias dari lensa *konveks* di depan mata.

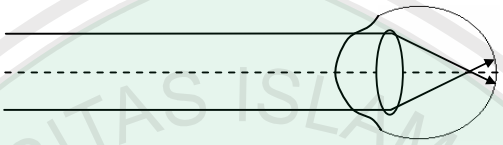
Biasanya kekuatan lensa *konkaf* dan *konveks* yang diperlukan ditentukan dengan cara *trial and error*, yaitu dengan mula-mula meletakkan sebuah lensa kuat dan kemudian diganti dengan lensa yang lebih kuat atau lebih lemah sampai diperoleh lensa yang memberikan tajam penglihatan.



Gambar 2.8 Koreksi *miopia* dengan lensa *konkaf* dan koreksi *hipermiopia* dengan lensa *konveks*.
Sumber : Guyton, 1994:9

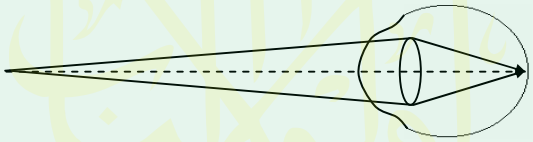
Penurunan rumus untuk koreksi mata, supaya dapat mengukur berapa kuat lensa kacamata yang dibutuhkan sesuai dengan kelainan yang diderita. Pada penelitian ini menggunakan metode dua lensa tipis, kedua bidang utamanya berhimpit, sehingga pembiasan berganda di kedua permukaan lensa tipis itu dipandang sebagai pembiasan tunggal dibidang utamanya. Dengan demikian

pembiasan ganda oleh susunan dua lensa tipis boleh dipandang sebagai gabungan pembiasan di dua bidang utama kedua lensa tersebut seperti halnya dengan pembiasan oleh suatu lensa tebal. Gambar dibawah ini adalah untuk menentukan bayangan oleh mata *miopia*.



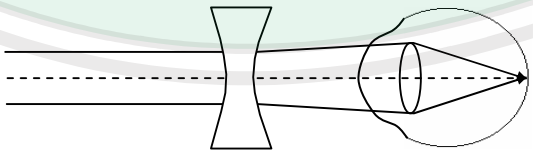
Gambar 2.9 Bayangan mata *miopia* di titik jauh

Mata *miopia* yang melihat objek, dan objek tersebut terletak di titik jauh mata normal dan bayangan dari objek tersebut jatuh didepan retina.



Gambar 2.10 Bayangan mata *miopia* pada titik dekat

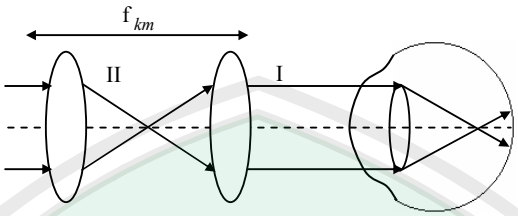
Mata *miopia* yang melihat objek, dan objek tersebut terletak di titik dekat dan bayangan dari obyek tersebut jatuh tepat di retina.



Gambar 2.11 Mata *miopia* menggunakan kacamata negatif

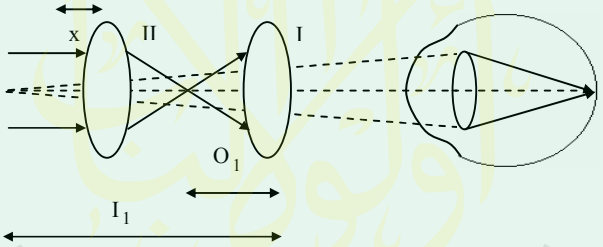
Mata *miopia* dengan bantuan kacamata negatif atau dengan menggunakan lensa konkaf, mata *miopia* dapat melihat objek, dan objek tersebut terletak di titik

jauh mata normal. Dengan bantuan kacamata negatif tersebut bayangannya jatuh tepat diretina.



Gambar 2.12 Sistem optik pada mata *miopia*

Dengan bantuan sistem optik, mata miopia dapat melihat objek yang terletak di titik jauh mata normal akan tetapi bayangan dari obyek tersebut jatuh di depan retina.



Gambar 2.13 Sistem optik mata *miopia* setelah lensa digeser

Setelah lensa II dari susunan sistem optik tersebut digeser ke kanan hingga suatu posisi tertentu maka mata *miopia* akan dapat melihat obyek yang terletak di titik jauh mata normal dan bayangan dari obyek tersebut jatuh tepat pada retina.

Dari sususnan gambar di atas dapat dijelaskan bahwa :

O_1 = Jarak benda pada lensa I

= $f_1 - x$

I_1 = Jarak bayangan untuk lensa

= f_{km} = Jarak fokus lensa kacamata negatif

dari persamaan Gauss didapat :

$$\frac{1}{O_1} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_1 - x} = \frac{1}{f_{km}} + \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_1 - x} = \frac{f_1 + f_{km}}{f_{km} \times f_1}$$

$$f_{km} \times f_1 = (f_1 - x) \times (f_1 + f_{km})$$

$$f_{km} \times f_1 = f_1{}^2 + f_1 \times f_{km} - f_1 \times x - f_{km} \times x$$

$$f_{km} \times f_1 - f_{km} \times f_1 = f_1{}^2 - f_1 \times x - f_{km} \times x$$

$$f_{km} \times x = f_1{}^2 - f_1 \times x$$

$$f_{km} \times x = f_1 (f_1 - x)$$

$$f_{km} = \frac{f_1(f_1 - x)}{x}$$

$$\frac{1}{f_{km}} = \frac{x}{f_1(f_1 - x)}$$

$$D_{km} = \frac{x}{f_1(f_1 - x)}$$

didapatkan $D_{km} = \frac{-x}{f_1(f_1 - x)}$

dimana :

D_{km} = Nilai dioptri yang dicari (satuan dioptri)

x = Pergeseran lensa II (satuan cm)

f_1 = Besar nilai fokus (satuaan cm)

Namun apabila sampel individu dapat melihat bayangan dari obyek paling jelas ketika lensa II di geser ke kiri (sebesar x) maka berarti sampel menderita cacat *hipermiopia*, selanjutnya persamaan yang digunakan juga akan mengalami perubahan, sebagai berikut :

O_1 = Jarak benda pada lensa I

$= f_1 + x$

I_1 = Jarak bayangan untuk lensa I

$= f_{km}$ = Jarak fokus lensa kacamata positif

dari persamaan Gauss didapat :

$$\frac{1}{O_1} = \frac{1}{I_1} + \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_1 + x} = \frac{1}{f_{km}} + \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_1 + x} = \frac{f_1 + f_{km}}{f_{km} \times f_1}$$

$$f_{km} \times f_1 = (f_1 + x) \times (f_1 + f_{km})$$

$$f_{km} \times f_1 = f_1^2 + f_1 \times f_{km} + f_1 \times x + f_{km} \times x$$

$$f_{km} \times f_1 + f_{km} \times f_1 = f_1^2 + f_1 \times x + f_{km} \times x$$

$$-f_{km} \times x = f_1^2 + f_1 \times x$$

$$-f_{km} \times x = f_1 (f_1 + x)$$

$$-f_{km} = \frac{f_1(f_1 \times x)}{x}$$

$$\frac{x}{f_1(f_1 - x)} = -\frac{1}{f_{km}}$$

$$\frac{-x}{f_1(f_1-x)} = \frac{1}{f_{km}}$$

$$D_{km} = \frac{-x}{f_1(f_1+x)}$$

didapatkan $D_{km} = \frac{x}{f_1(f_1+x)}$

dimana :

D_{km} = Nilai dioptri yang dicari (satuan dioptri)

X = Pergeseran lensa II (satuan cm)

f_1 = Besar nilai fokus (satuan cm)

2.3 Mikrokontroler

Pada dasarnya mikrokontroler adalah terdiri dari mikroprosesor, *timer* dan *counter*, perangkat I/O dan internal memori. Pada dasarnya mikrokontroller mempunyai fungsi yang sama dengan mikroprosesor, yaitu untuk mengontrol kerja suatu sistem. Di dalam mikrokontroller terdapat CPU, ALU, PC, SP, dan *register* lain yang terdapat pada mikroprosesor, tetapi dengn penambahan perangkat-perangkat lain seperti ROM, RAM, PIO, SIO, *Counter*, dan rangkaian *Clock*.

Mikrokontroller 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, tergantung pada kehendak programmernya.

Sedangkan mikroprosesor didesain sangat fleksibel dan mempunyai banyak *byte* instruksi. Semua instruksi bekerja dalam sebuah konfigurasi perangkat keras yang membutuhkan banyak ruang memori dan perangkat I/O untuk dihubungkan ke alamat pin-pin bus data pada chip. Sedangkan besar aktifitas pada mikroprosesor bekerja dengan kode instruksi dan data pada atau dari memori luar ke CPU. (Firmansyah, 2005: 277)

2.3.1 Arsitektur Mikrokontroler AT89S51

Mikrokontroller 89S51 terdiri dari sebuah *central processing unit* (CPU), dua jenis memori data (RAM) dan memori program (ROM), port I/O dengan *programmable* pin secara *independent*, dan *register-register mode*, status, internal *timer/counter*, serial *communication* serta logika *random* yang diperlukan oleh berbagai fungsi *peripheral*. Masing-masing bagian saling berhubungan satu dengan yang lain melalui kabel data bus 8 bit. Bus ini di-*buffer* melalui port I/O bila diperlukan perluasan memori atau sebagian perangkat I/O. (Budiharto, 2004: 133)

MCU 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) 4 *register bank* masing-masing 8 *register.*

b) 16 byte yang dapat dialamati dalam bit level.

c) 80 byte *data memory general purpose*.

d) 4 *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) 5 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.

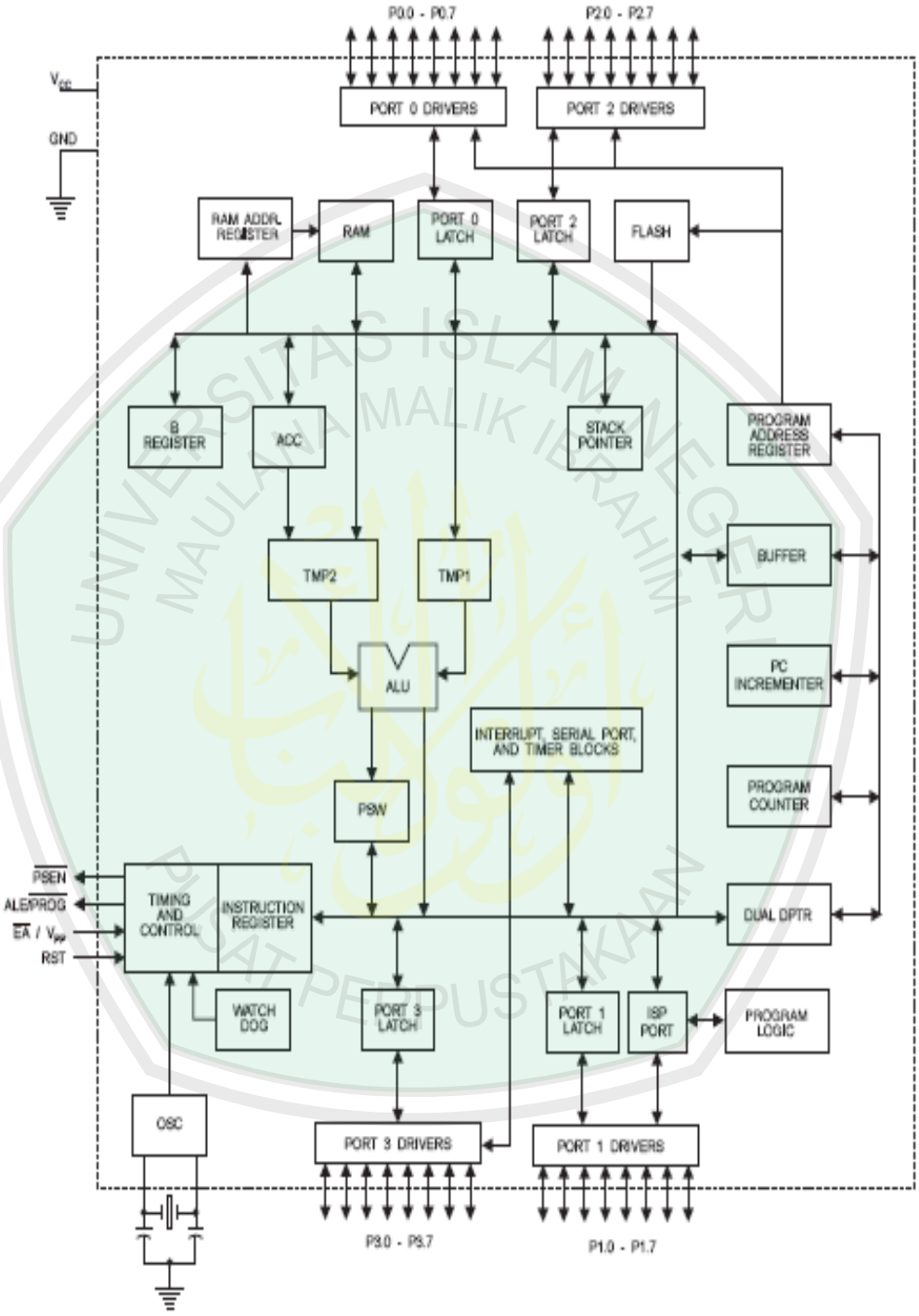
9) *Full Duplex Serial Data Communication* (SBUF).

10) *Control Register*: TCON, TMOD, PCON, IP, dan IE.

11) 2 eksternal *interrupt* dan 3 internal *interrupt*.

12) *Oscillat*or dan *clock circuit.*

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM PUSAT PERPUSTAKAAN

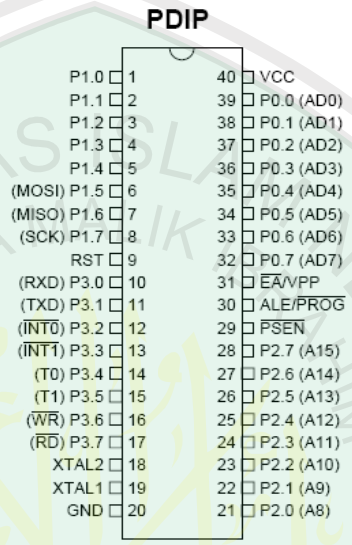


Gambar 2.14 Blok Diagram AT89S51

Sumber : www.atmel.com

2.3.2 Susunan Pin MCS AT89S51

Pin AT89S51 dibedakan menjadi pin sumber tegangan, pin oscillator, pin I/O, dan pin untuk proses interupsi luar. (Widodo, 2005 hal: 23)



Gambar 2.15. Pin Diagram AT89S51

Sumber : www.atmel.com

Fungsi dari pin-pin AT89S51:

a) Pin 40 adalah pin Vcc, yaitu pin positif sumber tegangan 5 volt DC

b) Pin 20 adalah pin Vss, yaitu pin *grounding* sumber tegangan.

c) Pin 32-39 adalah pin port 0, merupakan port I/O 8 bit *full duplex*. Port ini dapat digunakan sebagai gabungan antara alamat dan data selama ada pengambilan dan penyimpanan data dengan eksternal ROM dan RAM.

d) Pin 1-8 adalah pin port 1, merupakan port I/O 8 bit *full duplex*. Setiap pin dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran tanpa tergantung dari pin yang lain

e) Pin 21-28 adalah pin port 2, sama seperti port 0. port ini dapat digunakan sebagai address bus tinggi, selama ada penghambilan dan penyimpanan data dengan eksternal ROM dan RAM.

f) Pin 10-17 adalah pin port 3, sama seperti port 1, tetapi port ini memiliki keistimewaan seperti pada table berikut:

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)

Tabel 2.2 Fungsi Alternatif Port 3

Sumber : www.atmel.com

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" mikrokontroller yang bersangkutan.

g) Pin 30 adalah pin ALE/PROG, pin ini berfungsi untuk mengunci *low address* (alamat rendah) pada saat akses memori program selama operasi normal.

h) Pin 29 adalah pin PSEN, *Program Strobe Enable* merupakan *strobe output* yang dipergunakan untuk membaca eksternal program memori. PSEN aktif setiap dua siklus mesin.

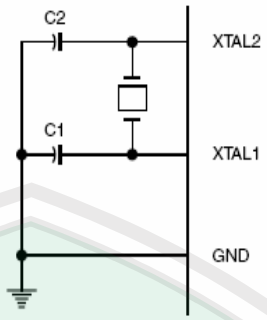
i) Pin 31 adalah pin EA/VPP, *Eksternal Acces Enable* secara eksternal harus disambung ke logika ‘0’ jika diinginkan MCS51 menjadi *enable* untuk mengakses kode mesin dari program memori eksternal. Namun jika EA dihubungkan ke logika ‘1’ maka *device* akan mengambil kode mesin dari internal program memori, kecuali jika program *counter* berisi lebih besar dari 0FFFh.

j) Pin 18 adalah pin XTAL1, pin ini merupakan input ke inverting amplifier osilator. Pin ini dihubungkan dengan kristal atau sumber osilator dari luar.

k) Pin 19 adalah pin XTAL 2, pin ini merupakan output dari inverting amplifier osilator. Pin ini dihubungkan dengan kristal atau ground jika menggunakan sumber kristal internal.

2.3.3 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. (Budiharto, 2005 hal: 25)



Gambar 2.16 Rangkaian Oscillator AT89S51
Sumber : www.atmel.com

2.3.4 Memori Data Internal

Pada mikrokontroller 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: (Budiharto, 2005: 28)

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 samapai 7FH. Sedangkan pada 128 Byte atas (*upper* 128) ditempati oleh suatu register yang memiliki fungsi khusus yang disebut dengan SFR.

2.3.5 Memori Data Eksternal

Untuk megakses 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.

Mikrokontroller 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. (Widodo, 2005 hal: 20)

2.3.6 *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 pda alamat 80H sampai FFH. Pengalamatan harus khusus diakses secara langsung baik secara bit maupun secara byte. *Register-register* khusus dalam MC 8951, yaitu: (Widodo, 2005 hal: 27)

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

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

2) PSW : *Register* ini terjadi 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:

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

Tabel 2.3 Bank Register
Sumber : www.atmel.com

3) SP: Merupakan *register* 8 bit. *Register* SP dapat ditempatkan dalam suatu alamat maupun RAM internal. Isi *register* ini ditambah sebelum data disimpan, selama intruksi *PUSH* dan *CALL*. Pada saat reset *register* SP diinisialisasi pada alamat 07H sehingga *stack* akan dimulai pada lokasi 08H.

4) DPTR: adalah 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 mikrokontroller pada taraf yang diinginkan.

6) *Interupt 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* (SBUFF)

Register ini digunkan untuk menampung data dari masukan (SBUFF IN) ataupun keluaran (SBUFF OUT) dari serial.

Berikut adalah tabel pembagian alamat pada *register* fungsi-fungsi khusus:

SYMBOL	NAME	ADDRESS
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	080H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrupt Enable Control	0ABH
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89H
*TCON	Timer/Counter Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter 2 Control	0C8H
TH0	Timer/Counter 0 High Control	8CH
TL0	Timer/Counter 0 Low Control	8DH
TH1	Timer/Counter 1High Control	8DH
TL1	Timer/Counter 1Low Control	8BH
*TH2	Timer/Counter 2High Control	0CDH
*TL2	Timer/Counter 2 High Control	0CCH
*RCAP2H	T/C Capture Reg, High Byte	0CBH
+RCAP21	T/C Capture Reg, Low Byte	0CAH
*SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Data Buffer	99H

Tabel 2.4 Pembagian Alamat Pada Fungsi-fungsi Khusus
Sumber : www.atmel.com.

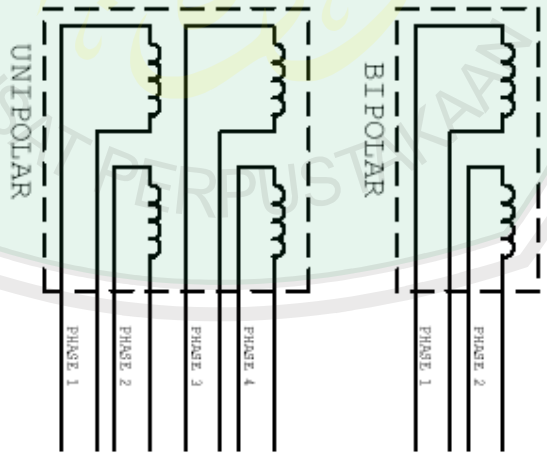
Keterangan:

* : Bit addressable
\+ : 8052 only

2.4 *Motor Stepper*

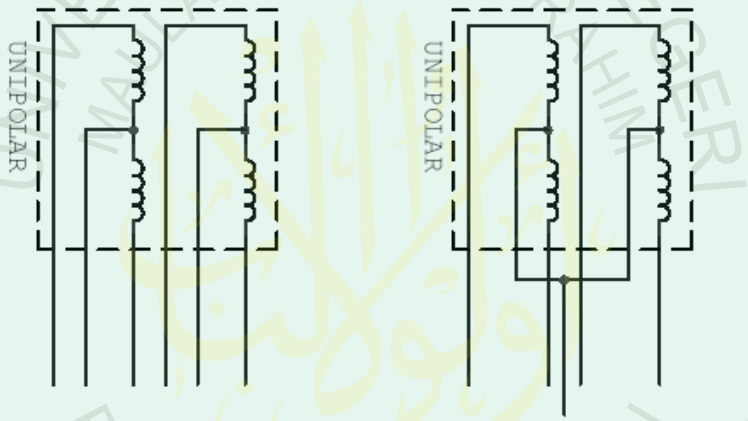
Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. *Motor stepper* bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan *motor stepper* diperlukan pengendali *motor stepper* yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik.

Torsi motor stepper tidak sebesar motor DC, namun motor ini mempunyai tingkat presisi yang sangat tinggi dalam gerakannya. Kecepatan gerak motor ini dinyatakan dalam *step per second* atau jumlah step gerakan dalam setiap detiknya. Secara umum terdapat dua jenis *motor stepper* yaitu *bipolar* dan *unipolar*. *Motor stepper unipolar* terdiri dari dua buah motor yang masing-masing mempunyai dua buah kumparan sedangkan *motor stepper bipolar* terdiri dari sebuah motor dengan dua buah kumparan.



Gambar : 2.17 Motor Stepper Bipolar dan Unipolar
Sumber : www.robotindonesia.com

Pengendalian *motor stepper* dilakukan dengan mengaktifkan setiap kumparan secara bergantian. Untuk *motor stepper unipolar* yang terdiri dari 4 kumparan terdapat 4 phase sedangkan untuk *motor stepper bipolar* yang terdiri dari 2 kumparan terdapat 2 phase. Seringkali untuk menghemat kabel, pada *motor stepper unipolar* ada beberapa polaritas kumparan yang digabung seperti tampak pada gambar dibawah. Oleh karena itu akan sering juga dijumpai *unipolar stepper* dengan 6 atau 5 kabel. (Budiharto, 2002: 146)



Gambar : 2.18 *Motor Stepper Unipolar* dengan *Common* yang di gabung
Sumber : www.robotindonesia.com

2.5 *Limit Switch*

Limit Switch merupakan saklar yang bekerja karena adanya sebuah sentuhan atau gesekan. *Limit switch* ini ditempatkan sesuai kebutuhan dan keadaan benda agar dapat menyentuh tangkai dari *limit switch* tersebut. *Limit switch* mempunyai beberapa bagian mekanik yang akan disentuh oleh benda mekanik lainnya. Kemudian bagian ini menggerakkan lengan pengungkit dan

diteruskan dalam suatu kontak yang terdapat di dalam *limit switch* tersebut. Ada beberapa kontak *limit switch* yaitu : (Petruzella, 2001: 506)

1) *Limit switch* yang merupakan kontak *normally open (NO)*

2) *Limit switch* yang merupakan kontak *normally close (NC)*

Limit switch yang merupakan kontak *normally open (NO)* berfungsi sebagai penghubung sedangkan yang merupakan kontak *normally close (NC)* berfungsi sebagai pemutus apabila tekanan yang menyentuh *limit switch* berlalu maka kontak dari *limit switch* akan kembali seperti semula.

Gambar : 2.19 *Limit Switch*
Sumber : www.robotindonesia.com

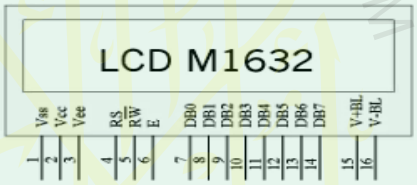
2.6 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid cristal 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: (Widodo, 2002: 153)

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 berserta konfigurasinya:



Gambar 2.20 LCD M1632
Sumber : www.robotindonesia.com

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

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	Sinyalpilih data dan tulis (0:tulis,1:baca)
RS	1	-	Power supply	Sinyal pilih register 0:Instruction register (write) Busy flag dan addess 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

Tabel 2.5 Pin-pin LCD dan konfigurasinya
Sumber : www.robotindonesia.com

2.7 Ketidakpastiaan pada Pengukuran

Telah dikemukakan bahwa hasil pengamatan atau pengukuran besar-besaran fisis harus dinyatakan dengan bilangan. Misalkan mengukur panjang balok kecil yang panjangnya lebi kurang 2,5 cm. Jika menggunakan peggaris plastik biasa tentulah tidak dapat dengan pasti mengatakan bahwa panjangnya misalnya 2.63cm karena skala terkecil pada penggaris tersebut hanya dalam milimeter. Jadi jangka 3 dalam hasil diatas hanya suatu perkiraan saja, ada ketidak

pastian pada angka 3 tersebut. Lain halnya jika menggunakan alat lain, misalnya jangka sorong yang mampu menunjukkan sampai 0.005 cm aatu mikrometer sekrup yang dapat dibaca sampai 0.001 cm. Ketidak pastian dalam pengukuran tidak hanya ditimbulkan oleh keterbatasan skala yang dapat dibaca pada alat, tetapi banyak sumber lainnya misalnya pada penggaris yang mudah mengembang dan menyusut dengan perubahan suhu atau cara sipengamat menggunakan alat atau membaca skala yang tidak baik dan sebagainya. Satu hal yang jelas bahwa suatu pengukuran selalu dihinggapi ketidakpastian. Sumber ketidakpastian ini dapat digolongkan sebagai berikut : (Mulyono, 1997: 8)

a. Adanya nilai skala terkecil
b. Adanya ketidakpastian bersistem
c. Adanya ketidakpastian acak
d. Keterbatasan pada pengamat.
e. Behubungan dengan model teoritis.

1) Nilai Skala Terkecil

Setiap alat ukur memiliki skala dalam berbagai macam bentuk. Tetapi setiap skala mempunyai batasan yaitu skala terkecil yang dapat dibaca. Penggaris plastik biasa digores dengan garis-garis yang berjarak 1mm. Maka nilai skala terkecilnya 1mm. Sebuah jangka sorong adalah alat ukur panjang yang dibantu dengan nonius yang memungkinkan kata membaca hingga 0.01 mm. Maka nilai skala terkecilnya 0.01 mm atau lebih kecil, tanpa alat bantu kita tidak dapat membeca karena keterbatasan pada mata kita.

2) Ketidakpastian bersistem

Ketidak pastian bersistem dapat disebut sebagai kesalahan karena ia bersumber pada kesalahan alat, diantaranya adalah:

a. Kesalahan kalibrasi yaitu penyesuaian pembuluhan nilai pada garis skala sat pembuatannya.
b. Kesalahan titik nol yang disebabkan tergesernya penunjuk nol yang sebenarnya dari garis nol pada skala. Kesalahan ini ada yang dapat dikoreksi sebelum pengukuran dimulai tetapi ada pula yang tidak. Jika tidak dapt dicocokkan harus dicatat kesalahan ini dan dapat dikoreksi pada penulisan hasil pengukuran nantinya.
c. Kesalahan alat lainnya melemahnya pegas yang digunakan atau terjadi gesekan antarajarum penunjuk dan bidang skala misalnya bila ada jarak antara jarum dan garis-garis skala.
d. Kesalahan bersistem memeberikan penyimpanagn tertentu yang prinsipnya dapat dikoreksi atau diperhitungkan.

3. Ketidakpastian Acak

Ketidakpastian yang tidak menentu yang mengganggu kerja alat ukur, misalnya gerak *Brown* molekul udara. *Fluktuasi* tegangan listrik dan bising *(noise)* elektronik yang bersifat acak dan sukar dikendalikan.

4. Keterbatasan pada pengamat

Sumber ketidakpastian yang tidak boleh dianggap ringan adalah keterbatasan pada si pengamat, diantaranya kekurang terampilan menggunakan

alat. Lebih-lebih alat canggih yang melibatkan banyak komponen yang harus diatur, atau kurang tajamnya mata membaca skala yang halis dan sebagainya.

5. Karena Model Teoritis

Ketidakpastian karena model terlalu sederhana. Misalnya model itu mengabaikan adanya kapasitas parasitik pada induktor atau gejala-gejala pusar *(turbuleance)* dalam aliran cairan.

2.8 Indera Penglihatan (Mata) dalam Perspektif Al-Qur'an

Indera penglihatan merupakan salah satu indera yang paling vital dalam melakukan sesuatu proses interaksi, persepsi, dan interpretasi terhadap suatu peristiwa atau kejadian yang kita alami dan kita hadapi. Dengan mata pula kita dapat melihat semua kejadian, merekam suatu peristiwa dan dapat menikmati semua keindahan yang tersedia di alam.

Penglihatan adalah salah satu fenomena yang disebut dalam Al-Qur'an. Penglihatan dalam bahasa Arab disebut *al-bashar* tercatat ada 40 ayat lebih yang menggunakan kata *al-bashar* dalam Al Qur'an, sebagaimana firman-Nya:

1. Surat Yunus ayat 31

قُلۡ مَن يَرۡزُقُكُم مِّنَ ٱلسَّمَآءِ وَٱلۡأَرۡضِ أَمَّن يَمۡلِكُ ٱلسَّمۡعَ **وَٱلۡأَبۡصَٰرَ** وَمَن يُخۡرِجُ ٱلۡحَيَّ مِنَ ٱلۡمَيِّتِ وَيُخۡرِجُ ٱلۡمَيِّتَ مِنَ ٱلۡحَيِّ وَمَن يُدَبِّرُ ٱلۡأَمۡرَۚ فَسَيَقُولُونَ ٱللَّهُۚ فَقُلۡ أَفَلَا تَتَّقُونَ ٣١

Artinya : Katakanlah: "Siapakah yang memberi rezki kepadamu dari langit dan bumi, atau siapakah yang Kuasa (menciptakan) pendengaran dan penglihatan, dan siapakah yang mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup dan

siapakah yang mengatur segala urusan?" Maka mereka akan menjawab: "Allah". Maka Katakanlah "Mangapa kamu tidak bertakwa kepada-Nya)?

2. Surat Yunus ayat 43

وَمِنْهُم مَّن يَنظُرُ إِلَيْكَ ۚ أَفَأَنتَ تَهْدِى ٱلْعُمْىَ وَلَوْ كَانُوا۟ لَا يُبْصِرُونَ ﴿٤٣﴾

Artinya : Dan di antara mereka ada orang yang melihat kepadamu, apakah dapat kamu memberi petunjuk kepada orang-orang yang buta, walaupun mereka tidak dapat memperhatikan.

Pada Surat Yunus ayat 31 menggunakan bentuk jamak *Al-Abshar* (الأبصار) secara harfiyah berarti penglihatan. Secara umum penglihatan disini di artikan suatu objek penglihatan yang berbeda-beda sesuai perbedaan arah siapa yang memandang atau melihat. *Al-Abshar* pada surat ini di artikan sebagai penglihatan yang sebenarnya, yakni mata yang dapat melihat apa yang ada di sekitarnya dan juga di sesuaikan dengan makna susunan kata-kata dari ayat tersebut. (Shihab, 2002: 68-69)

Pada Surat Yunus ayat 43 menggunakan subjek jamak (يبصر - يبصرون) dan secara harfiyah artinya mereka melihat. Ayat ini juga menggunakan kata (ينظر) secara harfiyah artinya dia melihat. Secara harfiyah dua kata tersebut mempunyai makna yang sama melihat. Secara umum *yubshirun* (يبصرون) pada surat ini diartikan sebagai mata hati, tidak melihat dengan mata tetapi melihat dengan hati, yang mana di sesuaikan dengan obyek yang terdapat pada susunan kata dari ayat tersebut. Karena Al-Qur'an mempunyai susunan kata yang rapi dan indah, maka dalam satu kata mempunyai makna yang bervariasi. (Shihab, 2002: 82-84)

Mata bentuknya seperti bola kecil dilapisi dan lapisan itu mempunyai sifat tak tembus cahaya, lapisan itu disebut sklera. Lapisan tersebut sangat kuat yang berfungsi untuk melindungi mata dari berbagai pengaruh dari luar. Bagian depan dari lapisan skelera ada selaput bening yang disebut kornea. Ada juga yang disebut iris atau selaput pelangi, yaitu selaput yang berlubang ditengahnya yang letaknya didepan lensa mata, lubang itu disebut pupil. Selaput pelangi berfungsi mengontrol banyaknya cahaya yang masuk. Pupil terbuka lebar apabila ditempat yang gelap, tetapi menjadi sempit dan kecil ditempat yang terang.

Selaput pelangi seperti diafragma pada kamera, yaitu mengatur cahaya sebanyak yang diperlukan untuk mata, dan pada saat yang sama memberi suatu fokus yang lebih tajam apabila lubang itu kecil. Jadi besarnya pupil dengan sendirinya diatur menurut banyaknya cahaya serta tajamnya pengelihatan. Rongga bagian dalam mata dilapisi suatu lapisan yang disebur retina. Pada retina terdapat lapisan yang peka terhadap cahaya. Lapisan ini merupakan cabang ujung syaraf pengelihatan. Dibelakang iris terdapat lensa mata yang terbuat dari bahan seperti kristal yang bersifat lenting. Lensa ini bersifat seperti lensa cembung, oleh karena itu mampu membentuk gambar nyata dari benda yang ada didepan mata. Dibelakang lensa terdapat ruang yang berisi bahan tembus cahaya menyerupai agar-agar. (Mulyono, 2007: 31-32)

Didepan lensa terdapat ruang terisi cairan bening. Cahaya yang berasal dari benda yang ada didepan mata masuk lewat kornea dan lensa. Cahaya itu kemudian dibiaskan oleh lensa sehingga terdapat gambar diretina. Cahaya yang membentuk gambar ini merangsang ujung-ujung syaraf pengelihatan yang ada

diretina. Syaraf pengelihatan mengirim denyut-denyut (pulsa) ke otak sehingga dapat kesan melihat benda tersebut.

Matahari merupakan bintang dengan pengertian bahwa matahari dapat menghasilkan atau memancarkan cahaya sendiri. Dalam Al-Qur'an telah dijelaskan tentang benda-benda yang mengelurkan cahaya sendiri (dalam Al-Qur'an menngunakan kata (ضياء) *dhiya'*, seperti matahari). Sedangkan kata (نور) *nur* (cahaya) dan beberapa turunannya menggambarkan makan cahaya yang di timbulkan akibat pantulan benda yang terkena sinar, seperti bulan. Makna ini dapat kita temukan dalam Al-Qur'an: (Pasya, 2004: 101)

هُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ ٱلشَّمْسَ **ضِيَآءً** وَٱلْقَمَرَ **نُورًا** وَقَدَّرَهُۥ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُوا۟ عَدَدَ ٱلسِّنِينَ وَٱلْحِسَابَ ۚ مَا خَلَقَ ٱللَّهُ ذَٰلِكَ إِلَّا بِٱلْحَقِّ ۚ يُفَصِّلُ ٱلْـَٔايَٰتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴿٥﴾

Artinya : Dia-lah yang menjadikan matahari bersinar dan bulan bercahaya dan ditetapkan-Nya manzilah-manzilah (tempat-tempat) bagi perjalanan bulan itu, supaya kamu mengetahui bilangan tahun dan perhitungan (waktu). Allah tidak menciptakan yang demikian itu melainkan dengan hak.. dia menjelaskan tanda-tanda (kebesaran-Nya) kepada orang-orang yang Mengetahui.(QS Yunus : 5)

وَجَعَلَ ٱلْقَمَرَ فِيهِنَّ **نُورًا** وَجَعَلَ ٱلشَّمْسَ سِرَاجًا ﴿١٦﴾

Artinya : Dan Allah menciptakan padanya bulan sebagai cahaya dan menjadikan matahari sebagai pelita?.(QS Nuh : 16)

وَجَعَلْنَا سِرَاجًا وَهَّاجًا ﴿١٣﴾

Artinya : Dan kami jadikan Pelita yang amat terang (matahari),(QS An-Naba' : 13)

Ayat diatas memberikan definisi yang tepat untuk kata *dhiya'* (sinar) dan *Nur* (cahaya) yang dalam bahasa Arab kedua kata tersebut digunakan untuk menunjuk sesuatu yang memancar dari benda yang terang dan membantu manusia untuk dapat melihat benda-benda yang dilalui pancaran itu. Dalam Al-Qur'an kita temukan contoh benda-benda atau gejala-gejala yang lain yang memancarkan sinar seperti *barq* (kilat), *nar* (api) atau *zait* (minyak). (Pasya, 2004: 102)

يَكَادُ **ٱلۡبَرۡقُ** يَخۡطَفُ أَبۡصَٰرَهُمۡۖ كُلَّمَآ أَضَآءَ لَهُم مَّشَوۡاْ فِيهِ وَإِذَآ أَظۡلَمَ عَلَيۡهِمۡ قَامُواْۚ وَلَوۡ شَآءَ ٱللَّهُ لَذَهَبَ بِسَمۡعِهِمۡ وَأَبۡصَٰرِهِمۡۚ إِنَّ ٱللَّهَ عَلَىٰ كُلِّ شَيۡءٖ قَدِيرٞ ٢٠

Artinya : Hampir-hampir kilat itu menyambar penglihatan mereka. setiap kali kilat itu menyinari mereka, mereka berjalan di bawah sinar itu, dan bila gelap menimpa mereka, mereka berhenti. Jikalau Allah menghendaki, niscaya dia melenyapkan pendengaran dan penglihatan mereka. Sesungguhnya Allah berkuasa atas segala sesuatu.(QS Al-Baqarah : 20)

مَثَلُهُمۡ كَمَثَلِ ٱلَّذِي ٱسۡتَوۡقَدَ **نَارٗا** فَلَمَّآ أَضَآءَتۡ مَا حَوۡلَهُۥ ذَهَبَ ٱللَّهُ بِنُورِهِمۡ وَتَرَكَهُمۡ فِي ظُلُمَٰتٖ لَّا يُبۡصِرُونَ ١٧

Artinya : Perumpamaan mereka adalah seperti orang yang menyalakan api, Maka setelah api itu menerangi sekelilingnya Allah hilangkan cahaya (yang menyinari) mereka, dan membiarkan mereka dalam kegelapan, tidak dapat Melihat.(QS Al-Baqarah : 17)

ٱللَّهُ نُورُ ٱلسَّمَٰوَٰتِ وَٱلۡأَرۡضِۚ مَثَلُ نُورِهِۦ كَمِشۡكَوٰةٖ فِيهَا مِصۡبَاحٌۖ ٱلۡمِصۡبَاحُ فِي زُجَاجَةٍۖ ٱلزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوۡكَبٞ دُرِّيّٞ يُوقَدُ مِن شَجَرَةٖ مُّبَٰرَكَةٖ **زَيۡتُونَةٖ** لَّا شَرۡقِيَّةٖ وَلَا

غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيٓءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ ۚ نُّورٌ عَلَىٰ نُورٍ ۗ يَهْدِى ٱللَّهُ لِنُورِهِۦ مَن يَشَآءُ ۚ
وَيَضْرِبُ ٱللَّهُ ٱلْأَمْثَٰلَ لِلنَّاسِ ۗ وَٱللَّهُ بِكُلِّ شَىْءٍ عَلِيمٌ ﴿٣٥﴾

Artinya : Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada Pelita besar. Pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu. (QS An-Nur : 35)

Dari ayat-ayat Al Qur'an di atas telah dibeda-bedakan benda-benda langit yang termasuk kategori *dhiya'* dan *nur* antara lain bintang *(termasuk dhiya')* dan planet *(nur).* Dalam arti fisis maupun kiasan, cahaya mempunyai peranan penting bagi manusia. Dalam arti fisis, cahaya adalah bagian dari gelombang elektromagnetik yang sejenis dengan gelombang radio, infra merah, ultraviolet, sinar –X, dan sinar gamma. Dalam makna kiasan, cahaya adalah petunjuk Allah atau bahkan dikiaskan sebagai proyeksi dari Allah. (Pasya, 2004: 103)

Cahaya mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia terutama pengelihatan. Sumber cahaya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu sumber cahaya alam dan sumber cahaya buatan. Sumber cahaya alam seperti matahari dan bulan sesuai penjelasan dalam Al Qur'an diatas, sedangkan sumber cahaya buatan seperti lampu listrik dan nyala lilin yang dapat dikendalikan karena dapat dinyalakan atau dimatikan sesuai dengan kemauan kita.

Ketika kita berjalan dimuka bumi, maka terdapat sesuatu yang senantiasa mengikuti arah pergerakan kita, bentuk dan ukurannya bergantung kepada pancaran sumber sinar atau cahaya yang menuju kita. Kadang ia memanjang dan kadang pula ia memendek. Kita bisa melihat, mengamati, bahkan memegangnya, akan tetapi kita tidak mampu merasakannya melalui indera kulit. Cahaya merambat pada garis lurus, bila cahaya terhalang sesuatu maka akan timbul bayangan, seperti halnya kita berjalan dibumi terdapat sesuatu yang mengikuti kita, karena cahaya tersebut terhalang oleh kita maka sesuatu yang mengikuti kita tersebut disebut bayangan. Bayangan merupakan fenomena alam yang diabadikan Allah dalam surat Al-Furqon : 45 – 46 : (Abtokhi, 2007: 89-91)

أَلَمْ تَرَ إِلَىٰ رَبِّكَ كَيْفَ مَدَّ ٱلظِّلَّ وَلَوْ شَآءَ لَجَعَلَهُۥ سَاكِنًا ثُمَّ جَعَلْنَا ٱلشَّمْسَ عَلَيْهِ دَلِيلًا ﴿٤٥﴾ ثُمَّ قَبَضْنَـٰهُ إِلَيْنَا قَبْضًا يَسِيرًا ﴿٤٦﴾

Artinya : Apakah kamu tidak memperhatikan (penciptaan) Tuhanmu, bagaimana dia memanjangkan (dan memendekkan) bayang-bayang dan kalau dia menghendaki niscaya dia menjadikan tetap bayang-bayang itu, Kemudian kami jadikan matahari sebagai petunjuk atas bayang-bayang itu, Kemudian kami menarik bayang-bayang itu kepada kami dengan tarikan yang perlahan-lahan.(QS Al-Furqon : 45 - 46)

Dalam ayat ini Allah SWT memberikan gambaran ide tentang terdapatnya bukti kuat yang menunjukkan peristiwa terjadinya bayangan sebagai akibat peristiwa rotasi bumi. Matahari sebagi sumber cahaya, sehingga setiap benda-benda dipermukaan bumi menghasilkan bayangan.

Demikianlah keseimbangan antara alam semesta dengan proses-proses alami yang ada didalamnya, sifat dan kelakuan alam yang telah disimpulkan oleh

para ilmuwan fisika disebut sebagai hukum alam. Secara keseluruhan hukum alam tersebut tercantum dalam firman Allah (Al-Qur'an). Dalam pandangan ilmuwan muslim hukum alam disebut sebagai *sunatullah.*

2.9 Kerangka Konseptual

Untuk dapat melihat secara sempurna semua bagian-bagian mata harus bekerja sama secara serasi. Indera penglihatan manusia dapat melihat secara sempurna apabila suatu benda tersebut dapat memancarkan atau memantulkan cahaya. Cahaya masuk ke mata melalui lensa mata dan bayangannya diterima oleh retina, namun terkadang bayangan tersebut jatuh tidak tepat pada retina yang disebabkan oleh kelainan atau cacat pandangan. Pada kelainan atau cacat pandangan ini terdapat dua macam kelainan yaitu bayangan jatuh di depan retina dan bayangan jatuh di belakang retina.

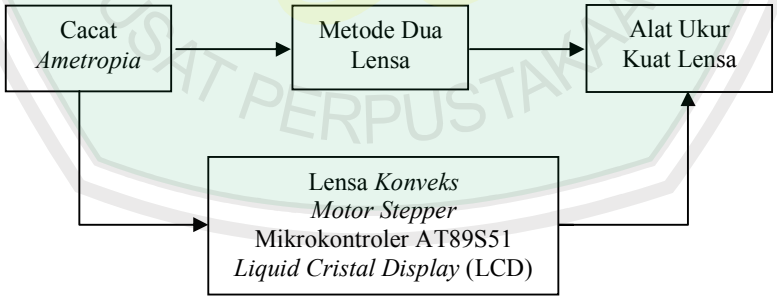
Dari pernyatan di atas, metode lain (Mulyono, 1997) untuk menentukan nilai kuat lensa pada penderita cacat mata *ametropia* yaitu dengan metode dua lensa cembung. Pada metode tersebut digunakan dua lensa cembung (pasangan lensa cembung) dengan nilai fokus yang sama. Metode tersebut dilakukan dengan cara menggerakkan atau menggeserkan lensa kedua (f_2) maju untuk mendekati lensa pertama (f_1) atau menggeser mundur untuk menjauhi lensa pertama (f_1) sampai individu tersebut dapat melihat bayangan obyek dengan jelas dan mata santai.

Gabungan lensa yang digunakan adalah 2 buah lensa *konveks* (Giancoli, 2001) berfungsi untuk memfokuskan cahaya maka lensa ini lebih cocok

digunakan sebagai koreksi pada kelainan mata *hiperopia* yang bola matanya terlalu pendek, sehingga berkas cahaya yang datang pada fokus jatuh di belakang retina. Maka dengan memasang lensa *konveks* di depan mata untuk memperbaiki kelainan tersebut dengan menambahkannya bias lensa. Sehingga bayangan yang diterima oleh mata dapat jatuh tepat berada di depan retina. Dengan gabungan lensa *konveks* tersebut dapat juga digunakan untuk mengoreksi pada cacat mata *miopia.*

Dengan kemajuan teknologi saat ini dan peralatan elektronika menjadi piranti yang sangat banyak dipergunakan maka akan dibuat alat untuk mengukur kuat lensa atau dioptri kacamata secara digital, setelah mengetahui nilai pergeseran maka nilai tersebut akan diolah oleh sistem yang ditampilkan melalui *liquid cristal display* (LCD).

Dari keterangan di atas, maka peneliti dapat membuat diagram konseptual sebagai berikut :



Gambar 2.21 Diagram Konseptual

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bentuk dan Sampel Penelitian

Bentuk penelitian ini adalah perancangan dan pembuatan alat untuk mengetahui kuat lensa (dioptri) kacamata. Sampel yang digunakan adalah penderita cacat *ametropia* pada mahasiswa Uneversitas Islam Negeri (UIN) Malang.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

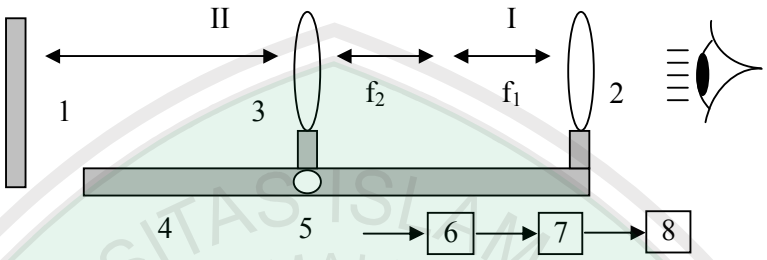
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari-Maret 2008. Dan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fisika Instrumentasi jurusan Fisika UIN Malang.

3.3 Instrumen Penelitian

3.3.1 Perencanaan Alat

Berdasarkan literatur, tahap selanjutnya dalam penelitian ini adalah perencanaan alat. Hal-hal yang berhubungan dengan perancangan instrumen optik, dalam perancangan instrumen optik sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mulyono (1997), dengan pengolahan data yang didapatkan dari hasil pergeseran pada lensa ke II dan pengukuran dalam menentukan spesifikasi sistem yang dirancang. Penyusunan diagram blok sistem dan pembuatan skema rangkaian. Serta pemilihan komponen-komponen perangkat keras berdasarkan

komponen yang berada dipasaran. Dibawah ini adalah skema rangkaian dari pembuatan alat pengukur kuat lensa (dioptri) kacamata.



Gambar 3.1 Rangkaian Sistem Optik Metode Dua Lensa

Keterangan gambar :

1. Objek
2. Lensa *konvergen* (nilai fokus 25 cm)
3. Lensa *konvergen* (nilai fokus 25 cm)
   dua lensa *konvergen* tersebut disebut lensa ukur
4. Bangku optik
5. *Motor stepper*
6. Mikrokontroller AT89S51
7. *Limit Swich*
8. *Liquid Cristal Display* (LCD)

Motor stepper diletakkan pada lensa II, lensa tersebut digeser oleh sampel pada saat melihat obyek hingga jelas. *Motor stepper* dikendalikan oleh *driver motor stepper* sehingga motor dapat bergerak sesuai dengan sistemnya. Nilai pergeseran dari *motor stepper* sebagai input pada mikrokontroler dengan nilai yang telah ditentukan pada *limit swicth* sesuai dengan fokus lensa yang digunakan, selanjutnya niali tersebut diterima oleh mikrokontroller AT89S51.

Secara otomatis nilai tersebut diolah oleh mikorokontroller AT89S51 sehingga tidak perlu menghitung secara manual, hasil dari perhitungan mikrontroller ditampilkan melalui *liquid cristal display* (LCD) dengan tampilan tersebut kita dapat mengetahui berapa kuat lensa (dioptri) kacamata yang dibutuhkan.

Obyek pada alat ini berada pada jarak 10cm dari lensa II (lensa objektif). Jika $f_1 = f_2 = f$, maka apabila individu dapat melihat bayangan yang paling jelas ketika lensa II bergeser kekanan atau mendekati lensa I berarti sampel individu tersebut menderita cacat penglihatan *myopia* (rabun dekat).

Apabila sampel individu dapat melihat bayangan yang paling jelas ketika lensa II bergeser kekiri atau mundur menjauhi lensa I, berarti sampel individu tersebut menderita cacat penglihatan *hypermiopia* (rabun jauh).

3.3.2 Perancangan dan Pembuatan Alat

Pembuatan alat ini dilakukan berdasarkan perencanaan yang dilakukan sebelumnya yang diawali dengan pembuatan rangkaian instrumen optik dan dilakukan pengujian. Kemudian membuat rangkaian tiap blok serta dilakukan pengujian, setelah semua rangkaian blok diselesaikan maka digabungkan seluruh blok-blok rangkaian sesuai dengan perencanaannya.

Pada perancangan dan pembuatan alat ini akan dipaparkan mengenai diagram blok rangkaian, prinsip kerja alat, perancangan perangkat keras dan juga akan dijelaskan perancangan perangkat lunak.

A. Alat dan bahan

1. Obyek
2. Lensa *Konvergen* (nilai fokus 25 cm, 2 buah)
3. Papan Optik
4. *Motor stepper*
5. *Driver motor stepper*
6. Mikrokontroller AT89S51
7. *Limit Swich*
8. *Liquid Cristal Display (LCD)*
9. Tombol *push on* (2 buah)

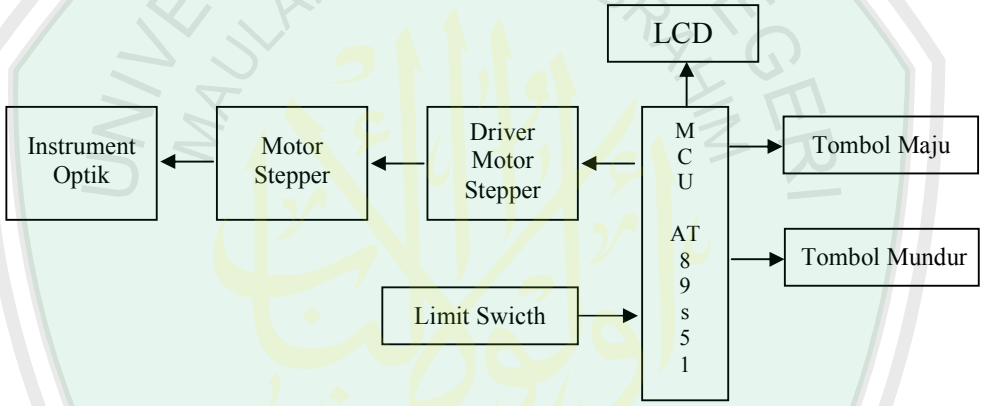
B. Spesifikasi Alat

Perancangan alat ini mempunyai beberapa spesifikasi diantaranya adalah :

1. Secara umum alat ukur dioptri kacamata ini menggunakan lensa *konveks, motor stepper*, Mikrokontroler AT89S51, *liquid dristal display (LCD).*
2. Range pengukuran alat ini adalah 30cm
3. Pengkalibrasi dilukukan dengan cara membandingkan keluaran alat uji dengan data yang diperoleh pada toko optik.
4. Tampilan hasil perhitungan ditunjukkan oleh *liquid cristal display (LCD)*

C. Diagram Blok Rangkaian

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. Sehingga keseluruhan diagram blok rangkaian tersebut akan menghasilkan suatu sistem yang dapat difungsikan atau sistem yang bekerja sesuai dengan perancangan. Keseluruhan diagram blok rangkaian dapat dilihat dalam gambar berikut:



Gambar 3.2 Diagram Blok Rangkaian

a. Fungsi Per Blok Sistem

1) Instrumen optik : digunakan sebagai penyusun metode dua lensa

2) *Motor stepper* : berfungsi sebagai motor penggerak pergeseran pada lensa II

3) *Driver motor stepper* : berfungsi sebagai pengendalai gerakan *stepper*

4) Mikrokontroler AT89S51 : berfungsi sebagai pusat kontrol sistem

5) *Limit switch* : berfungsi sebagai batas pergeseran lensa II dengan range yang ditentukan

6) Tombol maju : berfungsi sebagai tombol untuk bergerak maju

7) Tombol mundur :berfungsi sebagai tombol untuk bergerak mundur

8) *Liquid Cristal Display* (LCD) :berfungsi sebagai tampilan hasil perhitungan

b. Prinsip Kerja Diagram Blok Sistem

Cara kerja alat ini adalah rangkaian instrumen optik disusun sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Mulyono (1997), sensor posisi adalah *motor stepper* sebagai pengatur gerak pada pergeseran lensa yang dikendalikan oleh *driver motor stepper*. Pergeseran dilakukan oleh sampel individu pada saat melihat obyek hingga jelas dengan mata santai, dengan menekan tombol muju untuk mendekati lensa I dan tombol mundur untuk menjauhi lensa II.

Setalah mendapatkan nilai pergeseran dari instrumen optik yang telah disesuaikan dengan range pengukuran oleh *limit swich*, nilai tersebut akan diterima oleh sistem sebagai input pada MCU. Inputan tersebut untuk dihitung

pada MCU mikrokontroller AT89S51 sehinga mendapatkan nilai kuat lensa (dioptri) kacamata yang ditampilkan melalui *liquid cristal display* (LCD).

3.3.3 Perancangan Mekanik

A. Box kontrol

a. Bahan : Triplex, *backlit*/ pembungkus *scotlate*
b. Tinggi : 12 cm
c. Panjang : 75 cm
d. Lebar : 12 cm

B. Motor pengendali

a. Bahan : *Motor stepper*
b. Tinggi : 3 cm
c. Panjang : 4 cm
d. Lebar : 5 cm

3.3.4 Perancangan Elektronik

A. Perancangan Rangkaian Optik

Pada sistem optik ini menggunakan metode dua lensa yaitu gabungan dua buah lensa cembung yang mempunyai nilai fokus sebesar 25 cm, pada penelitian Mulyono (1997) berapapun kuat lensa yang digunakan tidak mempengaruhi dalam perhitungan, maka dalam penelitian ini menggunakan nilai fokus 25 cm karena mudah didapat dan sering digunakan dalam eksperimen. Karena dalam metode dua lensa menggunakan gabungan lensa cembung yang nilai fokusnya 25 cm, maka jarak antara lensa I dan lensa II adalah 50 cm karena disesuaikan berapa nilai fokus yang digunakan.

Dalam memfokuskan objek pada retina, lensa mata memegang peranan penting. Kornea mempunyai fungsi memfokuskan objek secara tetap demikan pula bola mata, Sesuai dengan daya akomodasi mata atau kemampuan lensa mata untuk memfokuskan objek maka dalam penelitian ini mengatur jarak antara lensa I dengan mata sedekat mungkin, semakin dekat benda yang dilihat semakin kuat mata atau lensa berakomodasi dan di sesuaikan dengan usia sampel yang digunakan dalam penelitian ini. Karena usia makin tua daya akomodasi semakin menurun.

Pada penelitian ini obyek yang digunakan adalah kartu *Snellen* yang berupa huruf-huruf dengan beberapa macam ukuran.

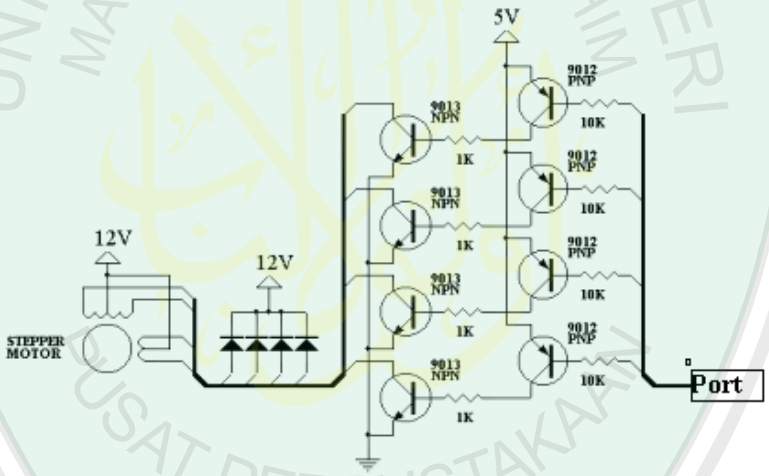
B. Perancangan Rangkaian *Motor Stepper*

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu untuk menggerakkan *motor stepper* diperlukan pengendali *motor stepper* yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik.

Aplikasi berikut adalah suatu sistem pengendali *motor stepper unipolar* dengan menggunakan modul SC-51 sebagai basis dari sistem pengendalinya. Modul SC-51 terdiri dari sebuah mikrokontroler AT89S51 yang dapat diisi program pengendali motor. Proses pengendalian dilakukan dengan memberikan input berupa jumlah step yang akan diberikan pada motor. *Motor Stepper unipolar* biasanya mempunyai spesifikasi gerakan sebesar 1,8 derajat/step. Oleh karena itu untuk 1 putaran 360 derajat

diperlukan 200 step. Jumlah step diinputkan pada Modul SC-51. Sedangkan transistor berfungsi untuk menguatkan arus yang diberikan oleh Modul SC-51 agar mencukupi untuk proses pengendalian *motor stepper*.

Driver (penguat) digunakan untuk memberikan arus yang memadai sehingga dapat menggerakkan *motor stepper*. Setiap *motor stepper* memerlukan penguat, inti rangkaian sebenarnya adalah sebuah *buffer* arus yang berfungsi menguatkan arus-arus logika dan MCU yang menggerakkan *motor stepper*. *Buffer* ini dibentuk dengan menggunakan 2 jenis *transistor* (9012 dan 9013) Bipolar NPN dan PNP yang masing-masing 4 buah untuk menghasilkan penguat arus yang tinggi.



Gambar 3.3 Rangkaian *Motor Stepper* dan *Driver*

C. Perancangan Rangkaian Mikrokontroller AT89S51

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

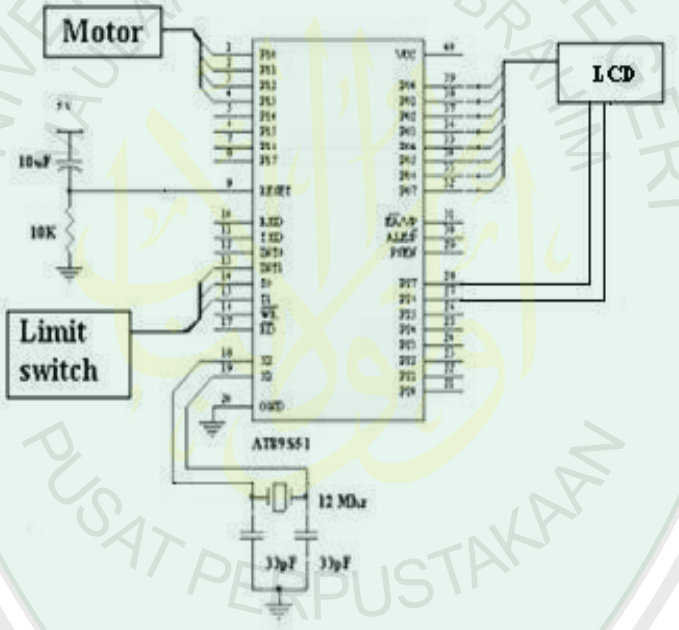
Berikut adalah konfigurasi port-port yang digunakan:

a) P0.0-P0.7 digunakan sebagai data tampilan pada *Liquid Cristal Display (LCD)*

b) P2.6-P2.7 digunakan sebagai instruksi data untuk pengontrol instruksi dan karakter dan pada *Liquid Cristal Display (LCD)*

c) P1.0-P1.3 digunakan sebagai output ke *motor stepper*

d) P3.3-P3.5 digunakan sebagai input *limit swicth* dan tombol

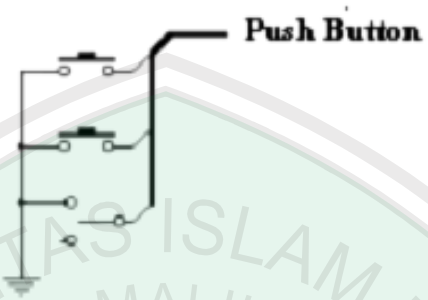


Gambar 3.4 Rangkaian Minimum Mikrokontroller AT89S51

D. Perancangan Rangkaian *Limit Switch*

Rangkaian *limit switch* merupakan komponen pemberi sinyal pada mikrokontroller berupa inputan *high* atau *low* yang terdiri dari komponen *limit switch* dan resistor. *Limit switch* digunakan untuk menentukan batas

pengukuran dan batas dari dimensi mekanik, sehingga gerakan motor tidak lepas dari mekanik.



Gambar 3.5 Rangkaian *Limit Swicth*

E. Perancangan Rangkaian *Liquid Cristal Display* (LCD)

LCD Display 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 huruf atau angka.

Bagian kedua merupakan sebuah sistem yang dibentuk dengan mikrokontroller yang ditempekan dibalik panel *LCD*, berfungsi mengatur tampilan informasi serta berfungsi mengatur komunikasi M1632 dengan mikrokontroller utama. Dengan demikian pemakaian M1632 menjadi sederhana dibandingkan dengan sistem lain, karena M 1632 cukup mengirim kode *ASCII* dari informasi yang ditampilkan seperti layaknya memakai sebuah printer.

Rangkaian *LCD* M 1632 ini adalah komponen *display* yang umum digunakan. *Display LCD* M 1632 ini memiliki ROM sebagai penyimpanan

karakter sebanyak 192 buah. Sebelum mengoperasikan *LCD* sebagai penampil karakter, terlebih dahulu ditentukan format penulisan *LCD*.

Dalam penulisan format *LCD* terada beberapa aturan yang diberikan oleh pabrik pembuatnya (dalam *data sheet*) yaiitu:

a) Menentukan jalur bit data yang akan digunakan.

b) Membersihkan layar *display* dari dari karakter (*blank*) .

c) Menentukan alamat baris pertama dan baris ke dua.

d) Dalam penulisan karakter menggunkan c*ursor* atau tidak

Jika penginilisialisasian sudah selesai, langkah selanjutnya adalah menulis karakter yang diinginkan dan disertai dengan posisi baris dan kolom. Data yang dikirim ke *LCD* cukup satu kali, selanjutnya data akan terus tampil berulang-ulang oleh *LCD* itu sendiri selama tidak ada instruksi untuk membersihkan layar. Hubungan pin data dengan pin kontrol *LCD* dengan *MCU* ditunjukkan pada gambar di bawah ini :

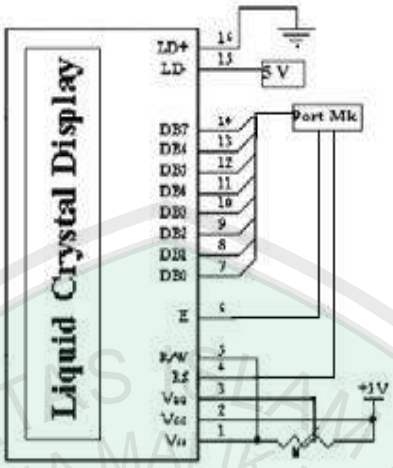
Fungsi dari masing-masing pin LCD yang digunakan adalah :

a) Pin RS dihubungkan dengan *port* P2.7 dari MCU untuk membedakan sinyal antara instruksi progam atau instruksi penulisan data

b) Pin E dihubungkan dengan *port* P2.6 dari MCU untuk memberikan instruksi bahwa LCD dapat dikirimi data.

c) Pin DB0 – DB7 dihubungkan dengan *port* P0.0-P0.7 dari MCU untuk penampil data dari mikrokontroller

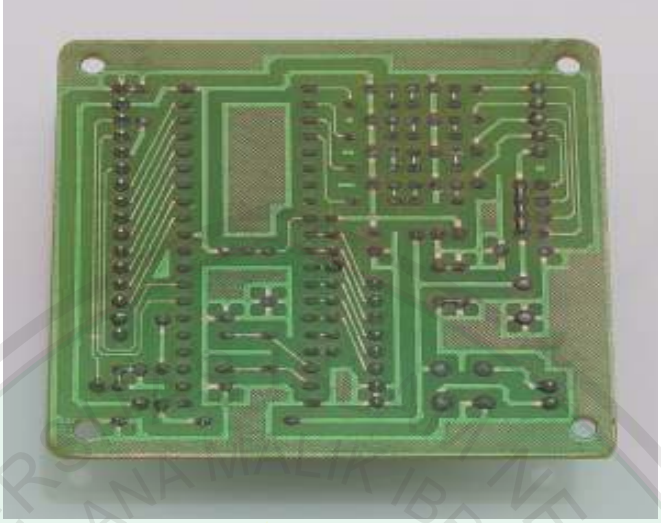
d) Pin R/W dihubungkan dengan ground untuk sinyal tulis data.



Gambar 3.6 Rangkaian LCD

F. Pembuatan Rangkaian

Setelah dalam perencanaan rangkaian sudah benar, maka rancangan rangkaian dari tiap-tiap blok digabungkan menjadi rangkaian keseluruhan. Selanjutnya membuat tata letak komponen, peletakan komponen ini dengan menggunakan sebuah program protel yang dimulai dari penggambaran rangkaian sampai perancangan PCB. Pertama kali dalam tata letak komponen adalah dengan menentukan besarnya PCB, setelah itu dibuat letak komponen dengan serapi mungkin. Dibawah ini gambar letak komponen dari perancangan rangkaian.



Gambar 3.7 Rangkaian pada PCB

G. Perancangan Perangkat Lunak

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

Memori merupakan fasilitas utama dalam suatu mikrokontroller, karena di dalam memori ini tersimpan perintah-perintah yang harus dikerjakan. Memori dapat dibedakan menurut fungsinya, yaitu memori program dan memori data. Memori program adalah tempat menyimpan program dan program ini hanya bisa dibaca namun tidak dapat diganti / ditambah, sedangkan memori data adalah tempat penyimpanan data dan data ini dapat dibaca, ditambah atau diganti.

Perangkat lunak yang dirancang tersebut dibuat dengan menggunakan assambler mikrokontroller MCS-51 yang mampu memanfaatkan fasilitas

motor stepper, *limit swicth*, tombol serta *register* data yang mampu melakukan operasi aritmatika, logika dan transfer data. Pemanfaatan *register* data dengan tepat dimaksudkan agar progam yang kita buat dapat berfungsi dengan baik dan mudah dilakukan analisis. Selain itu progam harus mampu membaca input 2 tombol, yaitu 1 buah tombol untuk pergeseran maju dan 1 buah tombol untuk pergeseran mundur. Output dari progam berupa nilai pergeseran dan nilai kuat lensa, operasi tersebut ditampilkan oleh LCD. Perangkat lunak yang dirancang terdiri atas beberapa prosedur, antara lain prosedur progam menu utama, sub menu progam *delay* dan sub menu progam reset lensa. Algoritma dari perancangan perangkat lunak dapat dilihat dalam diagram alur yang terdapat pada tiap-tiap perancangan perangkat lunak.

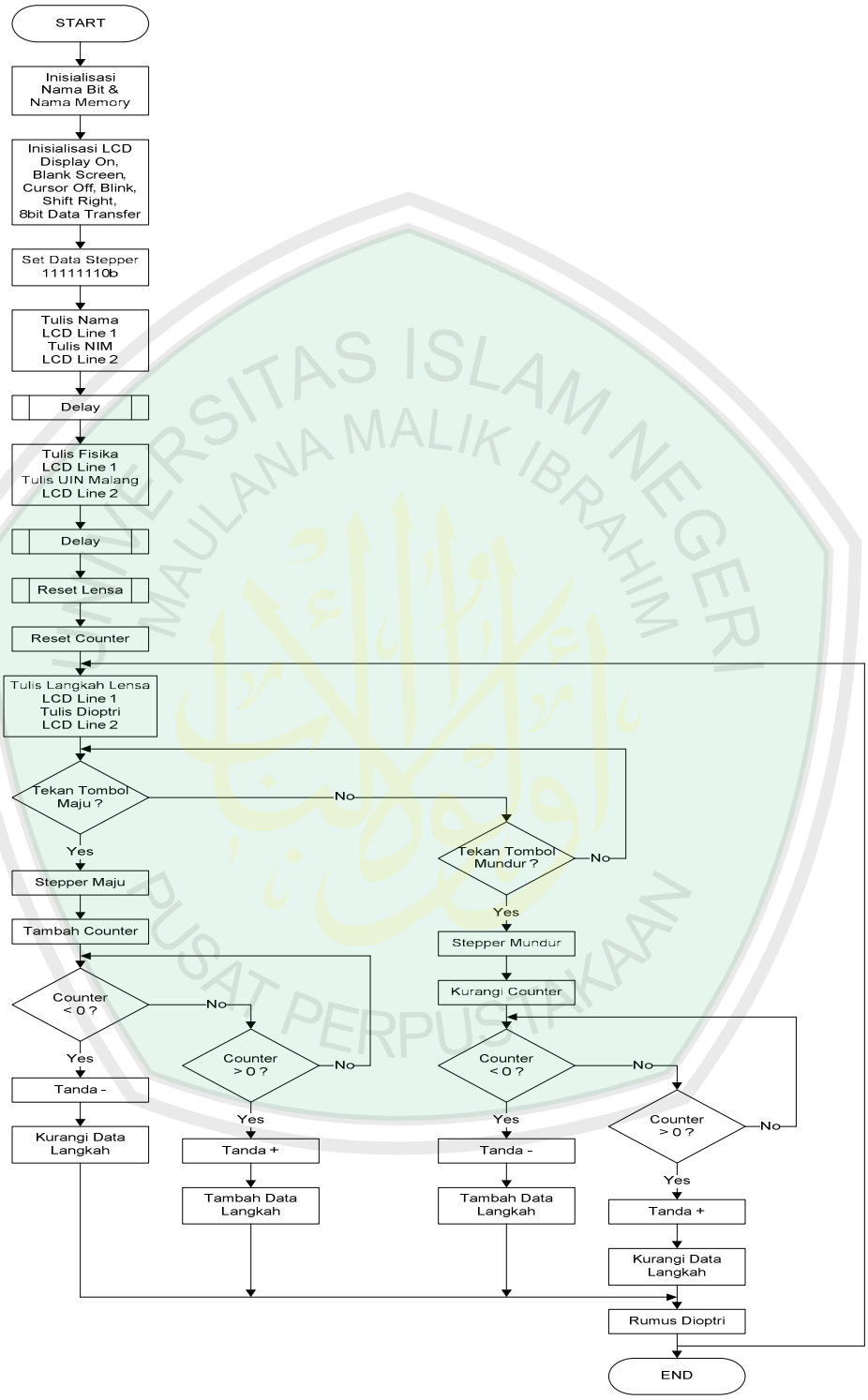
a) Perangkat Lunak Progam Utama

Algoritma menu progam utama dapat dilihat dalam gambar 3.8 dalam progam utama yang pertama dilakukan adalah inisialisasi LCD. Tampilan awal LCD berupa identitas peneliti yang ditampilkan dalam waktu beberapa detik kemudian dilanjutkan dengan reset lensa untuk mengetahui apakah lensa siap untuk melakukan pergeseran. Setelah reset lensa secara otomatis LCD akan menampilkan karakter ” Jarak 000.00mm dan Dioptri 00.00cm” maka pemakai dapat memilih 2 pilihan yang dapat dilakukan, yaitu : melakukan pergeseran maju dan pergeseran mundur. Dengan nilai pergeseran yang disimpan oleh mikrokontroller.

Program akan melakukan pengecekan terhadap tombol 0 atau tombol 1 ditekan atau tidak. Jika tombol 0 ditekan maka progam akan

memutar motor stepper dan melakukan pergeseran. Apabila pergeseran *motor stepper* maju maka tambah *counter* dan jika *stepper* mundur maka kurangi *counter*, setelah melakukan pergeseran maka progam melakukan perhitungan sesuai rumus dioptri dan menampilkan nilai pergeseran serta nilai kuat lensa (dioptri) pada *Liquid Cristal Display (LCD)*.

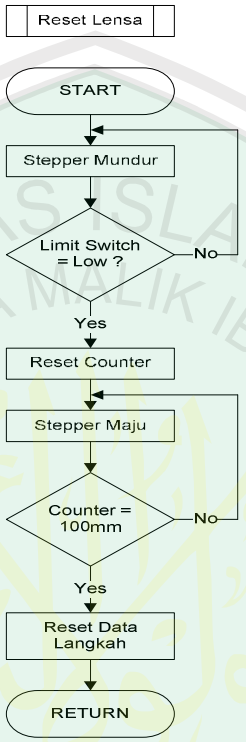
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN



Gambar 3.8 Diagram Alur Progam Utama

b) Perangkat Lunak Reset Lensa

Diagram alur reset lensa dapat dilihat dalam gambar 3.9



Gambar 3.9 Diagram Alur Progam Reset Lensa

Dalam progam utama ialah inisialisasi pada mikrokontroller dan LCD. Sebelum progam mendapat instruksi yang lebih lanjut maka alat diprogam untuk *reset* lensa terlebih dahulu. Dengan ketentuan *stepper* bergerak mundur dengan logika *low* (0), kemudian reset counter dengan ketentuan stepper bergerak maju 100mm dengan tampilan pada LCD " jarak 000,00mm dan dioptri 00.000cm". setelah reset lensa selesai maka alat dapat digunakan oleh pemakai.

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui eksperimen dengan menggunakan set peralatan sistem optik. Langkah-langkah pengumpulan data sebagai berikut :

1. Seseorang yang memakai kacamata dimintai keterangan berapa dioptri kacamatanya dan berapa dioptrinya saat diperiksa ditoko optik.
2. Diperiksa menggunakan sistem optik yang telah dibuat oleh peneliti.
3. Lensa II digeser sedemikian rupa sehingga individu sampel dapat melihat objek dengan jelas.
4. Jarak pergeseran lensa II dibaca dan dihitung secara otomatis, kemudian dicatat.

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan memanfaatkan teori ketidakpastian pada fungsi satu peubah. Dalam penelitian ini harga dioptri tidak dapat dihitung secara langsung. Harga dioptri ($\overline{D}$) merupakan fungsi pergeseran x. sehingga D dapat dicari melalui nilai terbaik x dan ketidakpastiannya ($x = x \pm \Delta x$).

Untuk mencari nilai kuat lensa digunakan persamaan 1 dimana harga x yang digunakan adalah harga $\overline{x}$. Kemudian nilai kuat lensa didapat dibandingkan dengan hasil pemeriksaan yang dilakukan di toko-toko optik untuk mendapatkan kesalahan relatifnya, dengan menggunakan rumus: (Cooper, 1985: 184)

$$Kr = \frac{Do - Dp}{Do} \text{ x } 100\%$$

Dimana :

Do = Nilai kuat lensa kacamata hasil pemeriksaan ditoko optik

Dp = Nilai kuat lensa kacamata hasil penelitian

Kr = Kesalahan relatif

Semakin kecil kesalahan relatifnya semakin tinggi tingkat ketelitian dari pengukuran tersebut. Tingkat ketelitian didefinisikan sebagai suatu ukuran tingkatan yang menunjukkan harga terdekat dengan mana suatu pembacaan instrumen mendekati harga sebenarnya dari variabel yang diukur. Kesalahan relative dalam penelitian ini menggunakan analisis dengan taraf *signifikansi* sebesar 5% dan 1%. (Suharsimi, 2006: 344)

BAB IV

PENGUJIAN ALAT DAN DATA PENELITIAN

4.1 Pengujian Alat

Secara umum, pengujian ini bertujuan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai dengan spesifikasi perencanaan yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan untuk kerja perangkat keras pada masing-masing blok rangkaian penyusun sistem, antara lain *motor stepper* dan *driver motor stepper*, *limit switch*, tombol maju dan mundur serta penampil *liquid crystal display* (LCD).

4.1.1 Pengujian pada Rangkain *Motor Stepper* dan *Driver*

Pengujian pada *motor stepper* dilakukan untuk mengetahui apakah *motor stepper* dengan *drive rmotor stepper* tersebut dapat menerima instruksi pada saat pergeseran lensa.

A. Prosedur pengujian.

1. Membuat rangkaian *motor stepper* sesuai dengan perancangan.
2. Memberikan catu daya 5 volt pada rangkaian *motor stepper*.
3. Mengamati arah putaran *motor stepper*.

B. Hasil pengujian.

Hasil pengujian *motor stepper* ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Table 4.1 Hasil Pengujian Rangkaian *Motor Stepper* pada AT89S51

Data	Langkah
0001	Step 1
0010	Step 2
0100	Step 3
1000	Step 4

Berdasarkan pengujian tersebut diperoleh bahwa langkah dari *motor stepper* sesuai dengan karakter yang diharapkan, dengan demikian rangkaian *motor stepper* dapat berfungsi sesuai dengan harapan. Rangkaian *motor stepper* memerlukan *driver* yang digunakan untuk memberikan arus yang memadai sehingga dapat menggerakkan *motor stepper*. Setiap *motor stepper* memerlukan penguat, penguat tersebut untuk menguatkan arus-arus logika MCU yang menggerakkan *motor stepper*. Hasil pengujian *motor stepper* dan *driver* pada mikrokontroller ditunjukkan pada tabel 4.2 dibawah ini :

Table 4.2 Hasil Pengujian Rangkaian *Motor Stepper* dan *Driver* pada AT89S51

Data	V Motor Stepper/Driver			
	Pin 1	Pin 2	Pin 3	Pin 4
0001	0,02	0,03	0,01	11,73
0010	0,02	0,03	11,68	0,02
0100	0,02	11,85	0,01	0,02
1000	11,79	0,03	0,01	0,02

4.1.2 Pengujian pada Rangkaian *Limit Swicth*

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah *limit switch* sebagai kontrol pergeseran dapat mengontrol pergeseran lensa II sesuai dengan range pengukuran jarak yang telah ditentukan sesuai dengan fokus lensa yang digunakan.

A. Prosedur pengujian

1. Membuat rangkaian *limit swicth* sesuai dengan perancangan.
2. Memberikan catu daya 5 volt.
3. Mengamati gerakan dari *limit swicth*.

B. Hasil pengujian

Hasil pengujian *limit swicth* ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Rangkaian *Limit Swicth* pada AT89S51

Logig	V Logig/ukur	V Logig/teori	Penyimpangan	Ket.
0	0.02	0.00	2%	ditekan
1	4.97	5.00	0.6%	dilepas

Analisa dilakukan dengan menghitung prosentase penyimpangan hasil pengukuran terhadap hasil perhitungan pada rangkaian *limit swicth*, dengan persamaan : (Cooper, 1985: 156)

$$Penyimpangan\ \% = \frac{pengujian - perhitungan}{perhitungan} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa prosentase penyimpangan sebesar adalah 2% dan prosentase rata-rata adalah sebesar adalah

0.6%. Dari data tersebut dapat diketahui tombol mampu menerima instruksi sehingga dapat dikenali sebagai logika *low* (0) dengan keterangan *limit swicth* ditekan dan logika *high* (1) dengan keterangan *limit swicth* dilepas oleh mikrokontroller.

4.1.3 Pengujian pada Rangkaian Tombol

Pengujian tombol dilakukan untuk mengetahui apakah tombol dapat berfungsi sesuai dengan perencanaan. Dengan menekan tombol maju atau mundur maka lensa II dapat bergerak mendekati atau menjauhi lensa I.

A. Prosedur pengujian

1. Membuat rangkaian tombol sesuai dengan perancangan.
2. Memberikan catu daya 5 volt.
3. Mengamati gerakan dari tombol.

B. Hasil pengujian

Hasil pengujian *limit swicth* ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Rangkaian Tombol pada AT89S51

Logig	V Logig/ukur	V Logig/teori	Penyimpangan	Ket.
0	0.03	0.00	3%	ditekan
1	4.98	5.00	2.2%	dilepas

Analisa dilakukan dengan menghitung prosentase penyimpangan hasil pengukuran terhadap hasil perhitungan pada rangkaian tombol, dengan persamaan: (Cooper, 1985: 156)

$$Penyimpangan\ \% = \frac{pengujian - perhitungan}{perhitungan} \times 100\%$$

Berdasarkan hasil pengujian diatas, dapat disimpulkan bahwa prosentase penyimpangan terbesar adalah 3% dan prosentase rata-rata adalah sebesar adalah 2.2%. Dari data tersebut dapat diketahui tombol mampu menerima instruksi sehingga dapat dikenali sebagai logika *low* (0) dengan keterangan tombol di tekan dan logika *high* (1) dengan keterangan tombol di lepas oleh mikrokontroller.

4.1.4 Pengujian pada Rangkaian *Liquid Cristal Display* (LCD)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah pengalamatan pada data bit dapat menggerakan *Display LCD* sesuai dengan karakter masukan yang telah direncanakan. Serta pengujian dilakukan pada rangkaian penampil berupa *LCD* yang menampilkan nilai kuat lensa atau dioptri kacamata yang dilakukan dengan memberikan masukan berupa format penulisan ke penggerak *LCD*, kemudian dibandingkan apakah tampilan dari *LCD* sesuai dengan masukan yang diinginkan.

A. Prosedur pengujian

1. Mengatur blok rangkaian pada alat
2. Menghidupkan catu daya 5 volt
3. Memasukkan progam untuk menampilkan suatu karakter tertentu

4. Mengamati karakter yang ditampilkan melalaui *liquid cristal display* (LCD)

B. Hasil pengujian

Progam yang dibuat untuk pengujian adalah progam sederhana yaitu menampilkan karakter. Hasil pengujian dapat ditunjukkan pada tabel:

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Rangkaian *liquid cristal display* (LCD) pada AT89S51

Data	RS	EN	Ket	Type
80h	0	010	Line 1	Instruksi
C0h	0	010	Line 2	Instruksi
01h	0	010	Clear screen	Instruksi
41h	1	010	Char A	Character
32h	1	010	Char 2	Character
43h	1	010	Char C	Charakter

Berdasarkan pengujian tersebut diperoleh layar *LCD* dapat menampilkan karakter sesuai dengan yang diharapkan, dengan demikian rangkaian antar muka modul *LCD* dapat berfungsi sesuai dengan harapan.

4.2 Prinsip Kerja dan Pengoperasian Alat

Prinsip kerja pada alat ini yaitu ketika alat pengukur dioptri kacamata dihidupkan, rangkaian yang akan bekerja terlebih dahulu ialah rangkaian *motor stepper*. Karena *motor stepper* adalah sebagai input pada mikrokontroller untuk dihitung dan ditampilkan pada *Liquid Cristal Display* (LCD). Fungsi alat ini yaitu sebagai pengukur kuat lensa kacamata dengan menggunakan metode dua lensa.

Langkah selanjutnya yaitu apabila pada alat ini sampel menginginkan untuk mengetahui berapa kuat lensa atau dioptri kacamata adalah dengan menekan tombol maju untuk pergeseran lensa II menuju lensa I atau menekan tombol mundur untuk pergeseran lensa II menjauhi lensa I pada saat sampel melihat obyek hingga jelas dengan mata santai.

Data yang dihasilkan berupa nilai jarak pergeseran pada lensa II akan dihitung pada MCU AT89S51 yang ditampilkan pada *LCD*. Tampilan *LCD* adalah informasi dalam bentuk huruf atau angka 2 baris, masing-masing baris bisa menampung 16 huruf atau angka. Jarak pengukuran dalam alat ini adalah jarak antara f_1 dan f_2 adalah 50 cm sesuai dengan fokus lensa yang digunakan, serta f_2 dengan obyek adalah 10 cm hal ini dilakukan untuk mengetahui berapa kuat lensa yang dibutuhkan oleh penyakit *ametropia.* Untuk mengendalikan jarak pengukuran ini penulis mengunakan *limit swicth* pada metode dua lensa yang kerjanya yaitu:

1. Jarak maksimal antara f_1 dengan f_2 adalah 50 cm, nilai dapat terdeteksi apabila f_2 bergerak maju mendekati f_1, data (nilai pergeseran) akan diolah oleh MCU dan di tampilan pada LCD berupa nilai kuat lensa, dari sini dapat diketahui bahwa sampel tersebut menderita *miopi* (rabun dekat) atau mata minus.
2. Jarak maksimal jarak antara f_2 dan obyek adalah 10 cm, nilai pergeseran dapat terdeteksi apabila f_2 bergerak mundur mendekati obyek setelah jarak 50 cm dari f_1 , data (nilai pergeseran) akan diolah oleh MCU dan di tampilan pada *Liquid Cristql Display* (LCD) berupa nilai kuat lensa,

hal ini menunjukkan sampel tersebut menderita *hipermiopi* (rabun jauh) atau mata plus.

4.3 Analisis Data Penelitian

4.3.1 Percobaan Alat

Untuk mengetahui hasil dari proses pengotrolan dan pergeseran serta perhitungan alat, maka penulis melakukan percobaan pada alat dimana sistem dapat berjalan sesuai dengan rencana. Percobaan alat dilakukan oleh sampel individu penderita *ametropia* dan data hasil percobaan alat sebagai perbandingan dengan hasil pemeriksaan yang dilakukan di toko optik.

4.3.2 Data Hasil Penelitian

Data mentah dari 3 sampel untuk pemeriksaan mata dengan menggunakan metode dua lensa adalah:

Tabel 4.6 Data mentah dari 3 sampel

Sampel ke	XA (cm)	Dp	XB (cm)	Dp
I	5.40	-1.00	4.23	-0.76
	5.83	-1.20	4.37	-0.83
	6.28	-1.32	3.77	-0.69
	5.72	-1.18	4.13	-0.78
	6.03	-1.26	4.41	-0.85
II	6.09	-1.26	5.34	-1.08
	6.22	-1.32	5.02	-1.00
	6.30	-1.35	5.64	-1.15
	6.14	-1.29	5.84	-1.21
	6.53	-1.41	6.55	-1.26
	9.75	-2.54	7.64	-1.75
	10.22	-2.76	7.81	-1.81

III	9.91	-2.62	7.71	-1.78
	9.84	-2.58	7.94	-1.85
	10.14	-2.71	7.53	-1.71

Keterangan :
f = Nilai fokus pasangan lensa yang digunakan
XA = Nilai pergeseran lensa kedua untuk mata kanan
XB = Nilai pergeseran lensa kedua untuk mata kiri
Dp = Nilai kuat lensa hasil penelitian

4.3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data sampel No.3 pada pemeriksaan mata dengan menggunakan metode dua lensa adalah:

Tabel 4.7 Pengolahan Data Sampel No. 3

No	Mata kanan X(cm)	Mata kiri X(cm)
1	9.75	7.64
2	10.22	7.81
3	9.91	7.71
4	9.84	7.94
5	10.14	7.53

Dari tabel diatas dicari nilai kuat lensa kacamata yang cocok untuk sampel tersebut. Sebagai pembanding antara hasil pemeriksaan yang dilaksanakan di Optik Malang dengan menngunakan *Retinoskop Canon* RK-F1.

Dari pemeriksaan pada toko optik diperoleh, mata kanan = -2.50 dan mata kiri = -1.75.

cara perhitungan :

$$D_{km} = \frac{-x}{f_1(f_1 - x)}$$

dimana :

D_{km} = Nilai dioptri yang dicari (satuan dioptri)
x = Pergeseran lensa II (satuan cm)
f_1 = Besar nilai fokus (satuaan cm)

Hasil dari pergeseran nilai x dimasukkan pada prhitungan diatas, jadi hasil pemeriksaan kuat lensa dengan metode dua lensa sebesar -2.62 untuk mata kanan dan -1.78 untuk mata kiri. Dengan cara yang sama diperoleh nilai kuat lensa dari 10 sampel yang digunakan, seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.8 Nilai kuat lensa hasil penelitian

Sampel Ke	Kanan		Kiri	
	Do	Dp	Do	Dp
I	-1.00	-1.21	-0.75	-0.78
II	-1.25	-1.32	-1.00	-1.15
III	-2.50	-2.62	-1.75	-1.78
IV	-0.50	-0.59	-0.75	-0.78
V	-2.25	-2.37	-3.00	-3.14
VI	-2.00	-2.10	-2.50	-2.58
VII	-2.75	-2.80	-2.75	-2.94
VIII	-0.75	-0.78	-0.75	-0,85
IX	-1.50	-1.59	-1.50	-1.62
X	-1.00	-1.13	-0.50	-0.61

Keterangan :
Do = Nilai kuat lensa hasil pemeriksaan di toko optik
Dp = Nilai kuat lensa hasil penelitian

Kemudian dari hasil yang didapat dicari tingkat ketelitian dari masing-masing percobaan dengan menggunakan persamaan : (Cooper, 1985: 184)

$$kr = \frac{Do - Dp}{Do} \text{ x } 100\%$$

Semakin kecil kr semakin besar tingkat ketelitian. Tingkat ketelitian didefinisikan sebagai suatu ukuran tingkatan yang menunjukkan harga terdekat dengan mana suatu pembacaan instrumen mendekati harga sebenarnya dari variabel yang diukur.

Tabel 4.9 Kesalahan relatif pemakian nilai fokus lensa beberapa sampel

No	Do sampel	Dp Sample	Kr (%)
1	-0.25	-0.29	16
2	-0.50	-0.59	18
3	-0.75	-0.78	4
4	-1.00	-1.13	13
5	-1.25	-1.32	5.6
6	-1.50	-1.59	6
7	-1.75	-1.78	4.8
8	-2.00	-2.10	5
9	-2.25	-2.37	5.3
10	-2.50	-2.58	3.2

Keterangan :
Do = Nilai kuat lensa hasil pemeriksaan di toko optik
Dp = Nilai kuat lensa hasil penelitian
kr = Kesalahan relatif

Dari tabel di atas dapat ketahui kesalahan relatif rata-rata dari percobaan alat ukur dioptri untuk 10 sampel diperoleh sebesar 8.09%.

4.4 Pembahasan

4.4.1 Pembahasan Alat

Pada penelitian ini untuk mendapatkan kuat lensa (dioptri) kacamata pada penderita *ametropia* dengan metode dua lensa yang dikontrol secara otomatis oleh *MCU AT89S51* dengan tampilan pada *Liquid Cristal Display* (LCD).

Gabungan dua lensa cembung dengan nilai fokus yang sama 25 cm, jarak antara f_1 dan f_2 adalah 50 cm. Penggunaan pasangan lensa dengna fokus yang lebih besar supaya mendapatkan daerah pergeseran yang lebih panjang sehingga sampel individu lebih dapat membedakan dan menentukan bayangan yang paling jelas pada saat melihat objek.

Sebelum melakukan pengukuran terhadap sampel individu, pada alat ukur kuat lensa kacamata dilakukan pengujian pada tiap blok sistem. Apakah sistem dapat bekerja sesuai dengan perancangan, jika tidak terjadi sesuatu problem dan alat dapat bekerja sesuai dengan perencanaan, maka peneliti dapat menggunakan alat ukur kuat lensa untuk melakukan pengukuran terhadap sampel individu.

Sistem pengukuran kuat lensa dengan metode dua lensa adalah sampel yang menderita cacat mata *ametropia* melihat obyek melalui 2 lensa dengan mata santai, dan menggerakkan f_2 (lensa kedua) dengan cara menekan tombol maju untuk menggerakkan f_2 untuk mendekati f_1 atau menekan tombol mundur untuk menggerakkan f_2 mendekati obyek atau menjauhi f_1, hal ini dilalukan oleh setelah

sampel sampai mendapatkan bayangan obyek yang jelas. Setelah mendapatkan bayangan yang jelas dari melihat obyek, dicatat hasil nilai pergeseran dan nilai kuat lensanya.

Pengukuran kuat lensa pada sampel dilakukan sebanyak 10 kali, 5 kali untuk mata kanan dan 5 kali untuk mata kiri. Kemudian hasil nilai dari pengukuran diolah untuk mencari nilai rata-rata pada setiap sampel, sehingga didapatkan nilai kuat lensa pada setiap sampel.

Pengolahan data setiap sampel pada pemeriksaan menggunakan alat ukur kacamata metode dua lensa dibandingkan dengan hasil pemeriksaan di toko optik dan dicari kesalahan relatif untuk mengetahui tingkat ketelitian alat ukur dengan metode dua lensa. Hasil rata-rata kesalahan relatif sebesar 8,09%, nilai tersebut menunjukan nilai kesalahan relatif yang kurang bagus. Pada umumnya suatu penelitian taraf *signifikansi* tidak boleh lebih dari 5%. Menurut Suharsimi (2006: 345) dalam bukunya Prosedur Penelitian, hal ini berhubungan dengan seberapa besar kita boleh mempercayai bahwa kesimpulan atau hasil perhitungan tersebut tepat sesuai dengan seberapa banyak kita boleh percaya. itulah sebabnya, maka daerah-daerah ini disebut daerah kepercayaan, dan batas-batas bilangan standar deviasi ini disebut batas kepercayaan. Sebagai komplementer taraf kepercayaan adalah taraf *signifikansi*. Apabila kita bersesdia menerima keputusan dengan dengan kepercayaan 95%, maka berarti kita bersedia menanggung resiko meleset sebesar 5%. Selanjutnya kita percaya kebenaran kesimpulan 99%, berarti menerima resiko meleset 1%. maka 5% dan 1% ini disebut taraf signifikan atau taraf keberartian.

Hasil perhitungan kesalahan relatif menunjukkan tingkat akurasi atau ketelitian dalam penelitian ini kurang bagus karena ada beberapa faktor antara laian ketidakpastian dalam pengukuran, teori ketidakpastian pengukuran adakalanya nilai skala terkecil, ketidakpastian bersistem, ketidakpastian acak, keterbatasan pada pengamat serta model dari teoritis. Dalam penelitian ini terdapat ketidakpastian bersistem karena kesalahan pada alat. Sebagai contoh pengukuran metode dua lensa terdapat kesesatan lensa atau tingkat aberasi lensa yang sangat besar, maka sampel dalam pengukuran kuat lensa tidak dapat melihat bayangan obyek dengan jelas atau bayangan obyek cenderung mengembang dan buram. Selain faktor tingkat aberasi lensa, sampel juga mengalami kejenuhan atau mata lelah dalam melakukan beberapa kali pengukuran kuat lensa, jadi tingkat akomodasi penglihatan dalam pengukuran kuat lensa dengan metode dua lensa tidak stabil.

Dengan adanya aberasi lensa, dalam pengukuran kuat lensa dengan metode dua lensa dalam penelitian ini peneliti menambah teropong pada lintasan lensa f_1 dan f_2 untuk mendapat lintasan lensa yang lebih gelap dan menambah cahaya pada obyek yang lebih terang supaya bayangan dari obyek lebih terfokus dan memudahkan akomodasi sampel dalam melihat. Dari pengolahan data dan pergeseran yang dilakukan sampel pada waktu pemeriksaan pengukuran kuat lensa dengan metode dua lensa dapat ketahuai bahwa 10 sampel menderita cacat mata miopia karena pergeseran yang dilakukan oleh sampel adalah pergeseran maju pada f_2 (lensa kedua) mendekati f_1 (lensa pertama).

Walaupun hasil kesalahan relatif yang besar, serta hasil pengontrolan mikrokontroller dan perputaran *motor stepper* pada metode dua lensa didapatkan hasil pengukuran nilai kuat lensa yang ternyata memberikan harga yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran memakai *Retinoskop Canon* RK-F1 atau dengan menggunakan metode coba-coba pada toko optik.

4.4.2 Pembahasan dalam Kajian Al-Qur'an

Mata dapat melihat secara sempurna apabila semua bagian-bagian mata harus bekerja sama secara serasi. Indera pengelihatan manusia dapat melihat secara sempurna apabila suatu benda tersebut dapat memancarkan atau memantulkan cahaya. Cahaya masuk mata melalui lensa mata dan bayangananya diterima oleh retina, namun terkadang bayangan tersebut jatuh tidak tepat pada retina yang disebabkan oleh kelainan atau cacat pandangan. Pada kelainan atau cacat pandangan ini terdapat dua macam kelainan yaitu bayangan jatuh di depan retina dan bayangan jatuh dibelakang retina.

Dengan cacat mata atau kelainan bayangan tersebut maka peneliti mencoba menggunakan metode lain untuk menentukan nilai kuat lensa untuk penderita cacat mata ametropia yaitu dengan metode dua lensa cembung. Pada metode tersebut digunakan dua lensa cembung (pasangan lensa cembung) dengan nilai fokus yang sama.

Gabungan dua lensa cembung tersebut dengan nilai fokus yang sama 25 cm, jarak antara f_1 dan f_2 adalah 50 cm. Penggunaan pasangan lensa dengan focus yang lebih besar supaya mendapatkan daerah pergeseran yang lebih panjang

sehingga sampel individu lebih dapat membedakan dan menentukan bayangan yang paling jelas pada saat melihat objek. Seperti pada pembahasan kajian pustaka bayangan merupakan fenomena alam yang diabadikan Allah SWT dalam surat Al-Furqon : 45 – 46 :

أَلَمْ تَرَ إِلَىٰ رَبِّكَ كَيْفَ مَدَّ ٱلظِّلَّ وَلَوْ شَآءَ لَجَعَلَهُۥ سَاكِنًا ثُمَّ جَعَلْنَا ٱلشَّمْسَ عَلَيْهِ
دَلِيلًا ﴿٤٥﴾ ثُمَّ قَبَضْنَٰهُ إِلَيْنَا قَبْضًا يَسِيرًا ﴿٤٦﴾

Artinya : Apakah kamu tidak memperhatikan (penciptaan) Tuhanmu, bagaimana dia memanjangkan (dan memendekkan) bayang-bayang dan kalau dia menghendaki niscaya dia menjadikan tetap bayang-bayang itu, Kemudian kami jadikan matahari sebagai petunjuk atas bayang-bayang itu, Kemudian kami menarik bayang-bayang itu kepada kami dengan tarikan yang perlahan-lahan.(QS Al-Furqon : 45 - 46)

Dalam ayat ini Allah SWT memberikan gambaran ide tentang terdapatnya bukti kuat yang menunjukkan peristiwa terjadinya bayangan sebagai akibat peristiwa rotasi bumi. Matahari sebagi sumber cahaya, sehingga setiap benda-benda dipermukaan bumi menghasilkan bayangan.

Ayat diatas menngunakan kata (ترَ) *tara* (secara harfiyah berarti kamu melihat). Secara umum *tara* berarti seruan pada manusia untuk melihat, yang mana mata dapat melihat apabila obyek atau benda yang dilihat dapat memancarkan atau memantulkan cahaya, pantulan dari cahaya tersebut adalah bayangan. Kata (مدّ) *madda* (secara harfiyah berarti memanjang), secara umum *madda* berarti memanjang atau memendek, menunjukkan gerak matahari yang dapat memanjang dan memendekakan bayangan suatu benda dengan tarikan atau perputaran matahari yang mengikuti rotasi bumi. Matahari sebagai sumber

cahaya, sehingga benda-benda yang ada dipermukaan bumi dapat menghasilkan bayangan jika benda tersebut menghalangi cahaya.

Metode dua lensa dengan nilai fokus yang sama, pada lensa kedua digeser maju atau mundur sampai mata dapat melihat obyek dengan mata santai atau jelas. Hal ini sesuai dengan kata *madda* pada ayat diatas yang artinya memanjang atau memendeknya bayangan yang terjadi karena putaran matahari sesuai dengan rotasi bumi. Dari kata *madda*, kita sesuaikan dengan metode dua lensa, pada pergeseran lensa kedua dapat diketahui memendek atau memanjangnya bayangan yang dikendalikan oleh mikrokontroller dengan menyesuaikan putaran pada motor stepper, dengan perintah menekan tombol maju atau mundur yang dilakukan oleh sampel individu sampai mata dapat melihat obyek dengan jelas. Pada ayat tersebut pengendali dari bayangan adalah putaran matahari sesuai dengan rotasi bumi, sebagai pengontrol putaran matahari dan rotasi bumi adalah Allah SWT.

Hasil dari perancangan dan pembuatan alat ini diharapkan menghasilkan suatu alat yang dapat memberikan ketepatan nilai kuat lensa (dioptri) kacamata bagi pemeriksa penderita cacat mata ametropia. Selain itu, besar harapan juga bagi mereka yang tidak berputus asa dari setiap cobaan yang diberikan oleh Allah dan mempunyai keinginan serta usaha untuk memiliki penglihatan yang sempurna.
Sebagai Hamba Allah setelah melakukan usaha yang maksimal dan memperoleh hasil yang signifikan tentunya kita tetap harus bersyukur kepada-Nya atas semua kenikmatan yang diberikan kepada kita. Namun sayang kebanyakan diantara dari kita yang telah dianugerahi mata yang normal sehat dan tanpa ada suatu kekurangan apapun dengan mudahnya kita ingkari dan melupakan nikmat terbesar

Allah yang telah diberikan kepada kita, padahal seandainya kita mau bersyukur dan memperhatikan bukti-bukti kebesaran Allah dengan indera yang kita miliki terutama indera pengelihatan niscaya Allah akan menambah kenikmatan yang telah dianugerahkan kepada kita. Namun sebaliknya apabila kita mengingkari kenikmatan yang telah diberikan kepada Allah maka Allah akan menurunkan adzab yang sangat pedih kepada kita.

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pembahasan tentang alat ukur kuat lensa kacamata yang telah diuraikan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perancangan dan pembuatan alat ukur kuat lensa dilakukan beberapa langkah yaitu sebagai berikut:
   a. Menentukan alat dan bahan
   b. Menentukan spesifikasi alat
   c. Menentukan diagram blok sistem
2. Langkah-langkah yang diperlukan dalam menyusun perangkat keras dan perangkat lunak alat ukur kuat lensa adalah sebagai berikut:
   a. Menentukan rangkaian mekanik
   b. Menentukan rangkaian elektronik
   c. Menentukan persamaan metode dua lensa
   d. Menentukan rangkaian *sowfware*
3. Untuk mengetahui tingkat ketelitian dari alat ukur kuat lensa dengan metode dua lensa dilakukan pengujian dan percobaan, hasil dari percobaan atau pemeriksaan dengan menggunakan metode dua lensa dibandingkan dengan hasil pemeriksaan di toko optik.

   Hasil dari perbandingan tersebut didapatkan kesalahan relatif sebesar 8.09%. Walaupun hasil dari kesalahan relatif kurang bagus, bahwa alat ukur

kuat lensa dengan metode dua lensa dapat digunakan untuk menentukan kuat lensa kacamata sesuai dengan cacat mata yang di derita.

5.2 Saran

Bagi peneliti lain, penelitian ini dapat dilanjutkan :

1. Untuk pasangan lensa yang bernilai fokus berbeda atau digunakan kombinasi jenis lensa dan lensa yang bebas *aberasi*
2. Dengan menggunakan lensa yang disesuaikan dengan cacat mata selinder.

Bagi pendidik khususnya dosen atau guru bidang studi fisika, pada saat materi optik dapat diajarkan atau menerangkan bahwa gabungan dua lensa cembung dapat menentukan kacamata yang cocok bagi penderita cacat mata, sehingga metode Science Teknologi Masyarakat (STM) yang telah diplubikasikan dapat berhasil.

DAFTAR PUSTAKA

Abtokhi, Ahmad dan Agus Mulyono. 2007. *Fisika Dan Al-Qur'an.* Malang: UIN press Malang.

Annonymous. 2003. motor stepper.www.robotindonesia.com tanggal 2 Desember 2007

Annonymous. 2002. AT89S51. Atmel www.atmel.com tanggal 11 November 2007

Bartley, Howard S.2000. *Ilmu Pengetahuan Populer*. Glolier International Jakarta: PT Widyadara

Budiharto, Widodo. 2004. *Interfacing Computer Dan Mikrokontroler*. Jakarta: PT Elex Media Koputindo

----------. 2005. *Perancangan Sistem Dan Aplikasi Mikrokontroler*. Jakarta: PT Elex Media Koputindo

Cooper, William D. 1985. *Instrumentasi Elektronik dan Teknik Pengukuran*. Jakarta: Erlangga.

Cromer, Alah H. 1994. *Fisika Untuk Ilmu Hayati*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

Depag RI. 1974. *Al-Qur'an dan Terjemahnya.* Jakarta: PT Intermasa

Gabriel, J. F. 1996. *Fisika Kedokteran*. Jakarta: ECG Buku Kedokteran

Ganong, William F. 1981. *Fisiologi Kedokteran*. Penerjemah Adji Dharma. Jakarta: ECG Buku Kedokteran

Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika jilid 2*. Penerjemah: Yuhliza Hanum, Irwan Arifin. Jakarta: Erlangga.

Guyton, Arthur C. 1994. *Fisiologi Kedokteran*. Penerjemah Budihartono Rahardji. Jakarta: EGC Buku Kedokteran

Ilyas, Sidarta DSM. 1997. *Ilmu Penyakit Mata.* Jakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia.

Mulyono, Agus. 1997. *Pengaruh Nilai Fokus Lensa Ukur Dengan Metode Gabungan Dua Lensa Pada Ketelitian Pengukuran Kuat Lensa Kacamata*. Malang: Skipsi Universitas Negeri Malang.

_____.2007. *Cahaya Diatas Cahaya. Kajian Cahaya Perspektif Fisika dan Tasawuf.* Malang: UIN press Malang.

Pasya, Ahmad Fuad. 2004. *Dimensi Sains Al-Qur'an*. Solo: Tiga Serangkai

Petruzella, Frank D. 2001. *Elektronika Industri*. Diterjemahkan oleh Sumanto. Yogyakarta: Andi.

Soedojo, Peter. 1992. *Azas-Azas Ilmu Fisika Jilid 3 Optika*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.

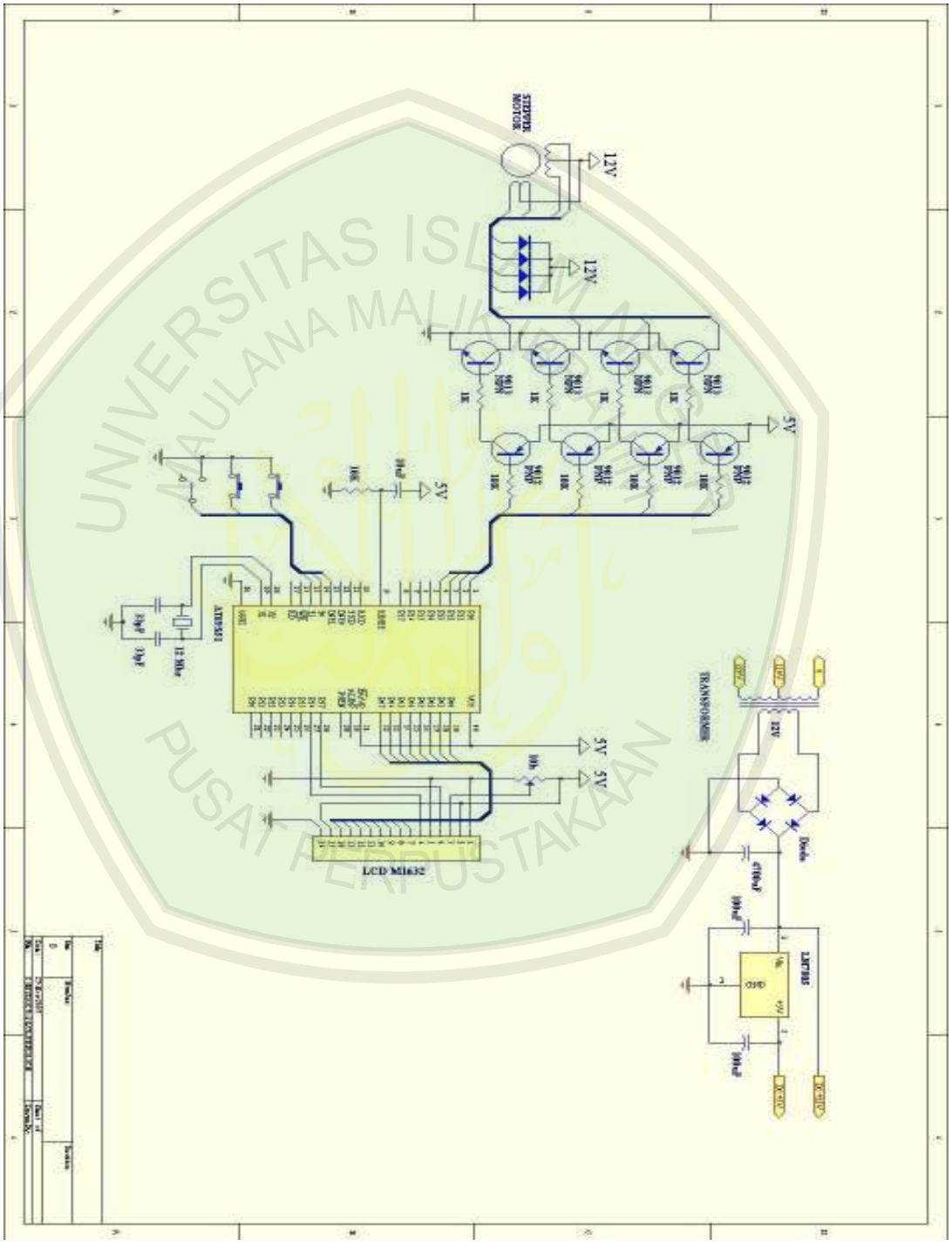
Shihab, M Quraish. 2002. *Tafsir Al-Mishbah. Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an.* Jakarta: Lentera Hati.

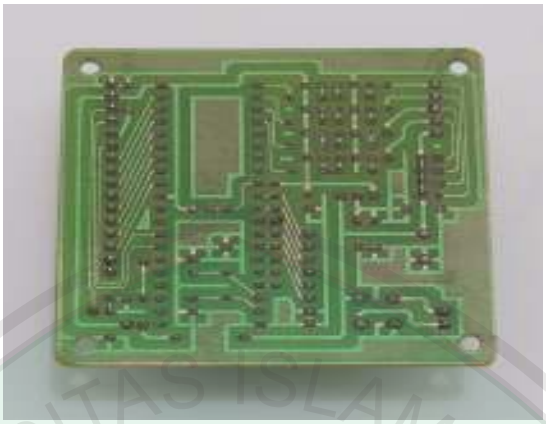
Sutrisno. 1979. *Seri Fisika Dasar : Gelombang dan Optik*. Bandung: ITB.

Tipler, Paul A. 2001. *Fisika Untuk Sains Dan Teknik Jilid 2*. Penerjemah: Bambang Sugijono. Jakarta: Erlangga.

Yahya, Harun. 2001. *Mengenal Allah Lewat Akal, Membongkar Kesalahan Faham Meterealisme*. Jakarta: Robbani Press.

Lampiran I
Gambar Rangkaian Keseluruhan





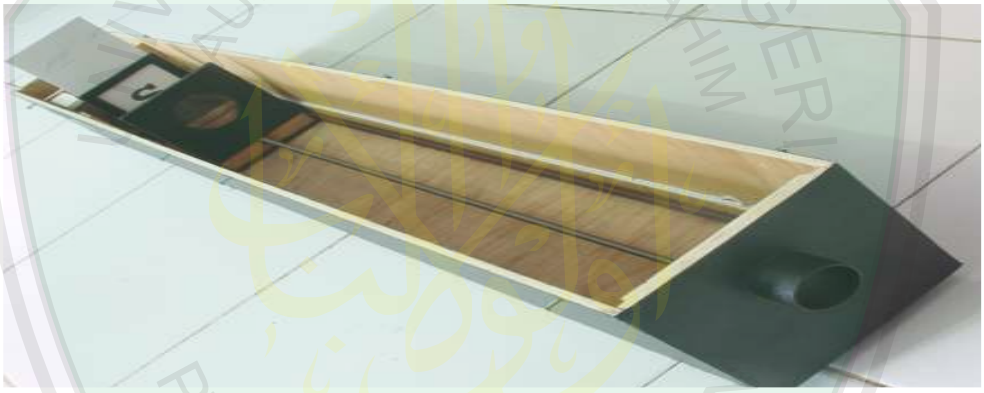
Gambar Rangkaian pada PCB Tampak Belakang

Gambar Rangkaian Pada PCB Tampak Depan

Lampiran II

Gambar Alat Ukur Dioptri Kacamata

Gambar Konstruksi Alat Ukur Dioptri Kacamata



Gambar Alat Ukut Dioptri Kacamata Tampak Atas Seteah Penutup Dibuka

Gambar Rangkaian Alat Ukur Dioptri Kacamata

Gambar Tampilan Pada LCD

Gambar Tombol Pada Alat Ukur Dioptri Kacamata

Lampiran III : List Progam Assambler

```
        org     00h
;
      Rest    Bit P2.6
      Enbl    Bit P2.7
      Limt    Bit P3.3
      Tbl0    Bit P3.4
      Tbl1    Bit P3.5
      Stts    Bit 20h.0
      Dstp    Equ 30h
      Hurf    Equ 31h
      Cnt0    Equ 32h
      Cnt1    Equ 33h
      Tnda    Equ 34h                 ; tanda +/-
      Djrk    Equ 35h                 ; data jarak aktual
      Buf0    Equ 38h
      Buf1    Equ 39h
      Buf2    Equ 3Ah
      Buf3    Equ 3Bh
      Jrk0    Equ 3Ch
      Jrk1    Equ 3Dh
      Jrk2    Equ 3Eh
      Jrk3    Equ 3Fh
      Jrk4    Equ 40h
      Jrk5    Equ 41h
      Diop    Equ 42h
      Hex0    Equ 43h
      Hex1    Equ 44h
      Dly0    Equ 45h
      Dly1    Equ 46h
      Dly2    Equ 47h
;
init:  acall  lcd_in
      mov    Dstp,#11111110b
;
mulai: mov    DPTR,#nama
      acall   line1
      mov     Hurf,#16
      acall   tulis
      mov     DPTR,#nim
      acall   line2
      mov     Hurf,#16
      acall   tulis
      acall   delayl
      mov     DPTR,#jur
```

```
        acall   line1
        mov     Hurf,#16
        acall   tulis
        mov     DPTR,#univ
        acall   line2
        mov     Hurf,#16
        acall   tulis
        acall   delayl
        acall   rstlns
        acall   rstdgt
        mov     DPTR,#gesrmm
        acall   line1
        mov     Hurf,#16
        acall   tulis
        mov     DPTR,#dioptr
        acall   line2
        mov     Hurf,#16
        acall   tulis
cek00:  mov     DPTR,#angka
        mov     P0,#087h
        acall   w_ins
        mov     A,Tnda
        acall   wr_chr
        mov     A,Jrk5
        acall   wr_chr
        mov     A,Jrk4
        acall   wr_chr
        mov     A,Jrk3
        acall   wr_chr
        mov     P0,#'.'
        acall   w_chr
        mov     A,Jrk2
        acall   wr_chr
        mov     A,Jrk1
        acall   wr_chr
        mov     P0,#0C8h
        acall   w_ins
        mov     A,Tnda
        acall   wr_chr
        mov     A,Buf0
        acall   wr_chr
        mov     A,Buf1
        acall   wr_chr
        mov     P0,#'.'
        acall   w_chr
        mov     A,Buf2
```

```
        acall   wr_chr
        mov     A,Buf3
        acall   wr_chr
        mov     P0,#0D0h
        acall   w_ins
cek01:  jb      Tbl0,cek02
tglpb0: acall   stprmj
        jnb     Tbl0,tglpb0
        acall   rumus
cek02:  jb      Tbl1,cek03
tglpb1: acall   stprmd
        jnb     Tbl1,tglpb1
        acall   rumus
cek03:  sjmp    cek00
;
rumus:  mov     A,Jrk5                  ; jarak aktual
        mov     B,#100
        mul     AB
        mov     Buf0,A
        mov     A,Jrk4
        mov     B,#10
        mul     AB
        mov     B,Jrk3
        add     A,B
        mov     B,Buf0
        add     A,B
        mov     Djrk,A                  ; jarak (mm)
rums00: jnb     Stts,rums01
        mov     DPTR,#lokup0
        mov     A,Djrk
        movc    A,@A+DPTR
        mov     B,#10
        div     AB
        mov     Buf0,A
        mov     Buf1,B
        mov     DPTR,#lokup1
        mov     A,Djrk
        movc    A,@A+DPTR
        mov     B,#10
        div     AB
        mov     Buf2,A
        mov     Buf3,B
        sjmp    rums02
rums01: mov     DPTR,#lokup2
        mov     A,Djrk
        movc    A,@A+DPTR
```

```
        mov     B,#10
        div     AB
        mov     Buf0,A
        mov     Buf1,B
        mov     DPTR,#lokup3
        mov     A,Djrk
        movc    A,@A+DPTR
        mov     B,#10
        div     AB
        mov     Buf2,A
        mov     Buf3,B
rums02: ret
;
rstlns: mov     DPTR,#rstpss            ; reset lensa
        acall   line1
        mov     Hurf,#16
        acall   tulis
        mov     DPTR,#plwait
        acall   line2
        mov     Hurf,#16
        acall   tulis
        acall   rstdgt
rslns0: acall   stprmj
        jb      Limt,rslns0
        acall   rstdgt
        mov     Cnt0,#185
        mov     Cnt1,#200
rslns1: acall   stprmd
        djnz    Cnt1,rslns1
        mov     Cnt1,#200
        djnz    Cnt0,rslns1
        clr     Stts
        ret
;
rstdgt: mov     Jrk0,#0
        mov     Jrk1,#0
        mov     Jrk2,#0
        mov     Jrk3,#0
        mov     Jrk4,#0
        mov     Jrk5,#0
        mov     Buf0,#0
        mov     Buf1,#0
        mov     Buf2,#0
        mov     Buf3,#0
        mov     Diop,#0
        mov     Tnda,#10                ; tanda +/- netral
```

```
        ret
;
stprmj: jnb     Limt,stpmj
        clr     A
        mov     A,Dstp
        acall   stmaju
        mov     A,Dstp
        RR      A
        mov     Dstp,A
        acall   dlystp
        mov     P1,#11111111b
stpmj:  ret
;
stprmd: mov     A,Jrk5
        cjne    A,#2,stpmd0
        mov     A,Jrk4
        cjne    A,#0,stpmd0
        sjmp    stpmd1
stpmd0: clr     A
        mov     A,Dstp
        acall   stmndr
        mov     A,Dstp
        RL      A
        mov     Dstp,A
        acall   dlystp
        mov     P1,#11111111b
stpmd1: ret
;
stmaju: cjne    A,#11111110b,stmj00
        mov     P1,#11110110b
stmj00: cjne    A,#11111101b,stmj01
        mov     P1,#11111110b
stmj01: cjne    A,#11111011b,stmj02
        mov     P1,#11111100b
stmj02: cjne    A,#11110111b,stmj03
        mov     P1,#11111101b
stmj03: cjne    A,#11101111b,stmj04
        mov     P1,#11111001b
stmj04: cjne    A,#11011111b,stmj05
        mov     P1,#11111011b
stmj05: cjne    A,#10111111b,stmj06
        mov     P1,#11110011b
stmj06: cjne    A,#01111111b,stmj07
        mov     P1,#11110111b
stmj07: mov     A,Jrk1
        jnz     stmj08
```

```
        mov     A,Jrk2
        jnz     stmj08
        mov     A,Jrk3
        jnz     stmj08
        mov     A,Jrk4
        jnz     stmj08
        mov     A,Jrk5
        jnz     stmj08
        mov     Tnda,#11                ; tanda +
        clr     Stts
stmj08: jb      Stts,stmj09
        acall   tbhnil
        sjmp    stmj10
stmj09: acall   krgnil
stmj10: ret
;
stmndr: cjne    A,#11111110b,stmd00
        mov     P1,#11110110b
stmd00: cjne    A,#11111101b,stmd01
        mov     P1,#11111110b
stmd01: cjne    A,#11111011b,stmd02
        mov     P1,#11111100b
stmd02: cjne    A,#11110111b,stmd03
        mov     P1,#11111101b
stmd03: cjne    A,#11101111b,stmd04
        mov     P1,#11111001b
stmd04: cjne    A,#11011111b,stmd05
        mov     P1,#11111011b
stmd05: cjne    A,#10111111b,stmd06
        mov     P1,#11110011b
stmd06: cjne    A,#01111111b,stmd07
        mov     P1,#11110111b
stmd07: mov     A,Jrk1
        jnz     stmd08
        mov     A,Jrk2
        jnz     stmd08
        mov     A,Jrk3
        jnz     stmd08
        mov     A,Jrk4
        jnz     stmd08
        mov     A,Jrk5
        jnz     stmd08
        mov     Tnda,#12                ; tanda -
        setb    Stts
stmd08: jb      Stts,stmd09
        acall   krgnil
```

```
        sjmp    stmd10
stmd09: acall   tbhnil
stmd10: ret
;
tbhnil: inc     Jrk0
        mov     A,Jrk0
        cjne    A,#4,tbnil
        mov     Jrk0,#0
        inc     Jrk1
        mov     A,Jrk1
        cjne    A,#10,tbnil
        mov     Jrk1,#0
        inc     Jrk2
        mov     A,Jrk2
        cjne    A,#10,tbnil
        mov     Jrk2,#0
        inc     Jrk3
        mov     A,Jrk3
        cjne    A,#10,tbnil
        mov     Jrk3,#0
        inc     Jrk4
        mov     A,Jrk4
        cjne    A,#10,tbnil
        mov     Jrk4,#0
        inc     Jrk5
        mov     A,Jrk5
        cjne    A,#10,tbnil
        mov     Jrk5,#0
tbnil:  ret
;
krgnil: dec     Jrk0
        mov     A,Jrk0
        cjne    A,#255,krnil
        mov     Jrk0,#3
        dec     Jrk1
        mov     A,Jrk1
        cjne    A,#255,krnil
        mov     Jrk1,#9
        dec     Jrk2
        mov     A,Jrk2
        cjne    A,#255,krnil
        mov     Jrk2,#9
        dec     Jrk3
        mov     A,Jrk3
        cjne    A,#255,krnil
        mov     Jrk3,#9
```

```
        dec     Jrk4
        mov     A,Jrk4
        cjne    A,#255,krnil
        mov     Jrk4,#9
        dec     Jrk5
        mov     A,Jrk5
        cjne    A,#255,krnil
        mov     Jrk5,#9
krnil:  ret
;
line1:  mov     P0,#080h
        acall   w_ins
        ret
;
line2:  mov     P0,#0C0h
        acall   w_ins
        ret
;
tulis:  clr     A
        acall   wr_chr
        inc     DPTR
        djnz    Hurf,tulis
        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   delays
        mov     P0,#01h                 ; Display Clear
        acall   w_ins
```

```
        mov     P0,#38h                 ; Function Set
        acall   w_ins
        mov     P0,#0Dh                 ; Display On, Cursor, Blink
        acall   w_ins
        mov     P0,#06h                 ; Entry Mode
        acall   w_ins
        mov     P0,#02h                 ; Cursor Home
        acall   w_ins
        acall   delays
        ret
;
jeda:   djnz    Dly0,jeda
        ret
;
delays: acall   jeda
        djnz    Dly1,delays
        ret
;
delayl: mov     Dly2,#20
dlyl:   acall   delays
        djnz    Dly2,dlyl
        ret
;
dlystp: mov     Dly1,#2
dlstp:  mov     Dly0,#175
        djnz    Dly0,$
        djnz    Dly1,dlstp
        ret
;
nama:     DB      ' Luluk  Khoirul '
nim:      DB      '    03540011    '
jur:      DB      '     Fisika     '
univ:     DB      '   UIN Malang   '
rstpss:   DB      '  Reset Posisi  '
plwait:   DB      ' Please Wait... '
gesrmm: DB      'Jarak        mm'
dioptr:   DB      'Dioptri      cm'
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      01,01,01,01,01,01,01,01,01,01           ; 50-59
        DB      01,01,01,01,01,01,01,01,01,01           ; 60-69
```

```
        DB      01,01,01,01,01,01,01,01,01,01           ; 70-79
        DB      01,01,01,01,02,02,02,02,02,02           ; 80-89
        DB      02,02,02,02,02,02,02,02,02,02           ; 90-99
        DB      02,02,02,02,02,02,02,02,03,03           ; 100-109
        DB      03,03,03,03,03,03,03,03,03,03           ; 110-119
        DB      03,03,03,03,04,04,04,04,04,04           ; 120-129
        DB      04,04,04,04,04,04,04,04,05,00           ; 130-139
        DB      05,05,05,05,05,05,05,05,05,05           ; 140-149
        DB      06,06,06,06,06,06,06,06,06,06           ; 150-159
        DB      07,07,07,07,07,07,07,08,08,08           ; 160-169
        DB      08,08,08,08,09,09,09,09,09,10           ; 170-179
        DB      10,10,10,10,11,11,11,11,12,12           ; 180-189
        DB      12,12,13,13,13,14,14,14,15,15           ; 190-199
        DB      16,00,00,00,00,00,00,00,00,00           ; 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                       ; 250-255
;
lokup1: DB      00,02,03,05,07,08,10,12,13,15           ; 00-09
        DB      17,18,20,22,24,26,27,29,31,33           ; 10-19
        DB      35,37,39,41,42,44,46,48,50,52           ; 20-29
        DB      55,57,59,61,63,65,67,69,72,74           ; 30-39
        DB      76,78,81,83,85,88,90,93,95,98           ; 40-49
        DB      00,03,05,08,10,13,15,18,21,24           ; 50-59
        DB      26,29,32,35,38,41,43,46,49,52           ; 60-69
        DB      56,59,62,65,68,71,75,78,81,85           ; 70-79
        DB      88,92,95,99,02,06,10,13,17,21           ; 80-89
        DB      25,29,33,37,41,45,49,54,58,62           ; 90-99
        DB      67,71,76,80,85,90,94,99,04,09           ; 100-109
        DB      14,19,25,30,35,41,46,52,58,63           ; 110-119
        DB      69,75,81,87,94,00,06,13,20,26           ; 120-129
        DB      33,40,47,55,62,70,77,85,93,01           ; 130-139
        DB      09,17,26,35,43,52,62,71,80,90           ; 140-149
        DB      00,10,20,31,42,53,64,75,87,99           ; 150-159
        DB      11,24,36,49,63,76,90,05,20,35           ; 160-169
        DB      50,66,82,99,16,33,51,70,89,08           ; 170-179
        DB      29,49,71,93,15,38,63,87,13,39           ; 180-189
        DB      67,95,24,54,86,18,52,87,23,61           ; 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                       ; 240-249
;
```

```
lokup2: 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      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 60-69
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 70-79
        DB      00,00,00,01,01,01,01,01,01,01               ; 80-89
        DB      01,01,01,01,01,01,01,01,01,01               ; 90-99
        DB      01,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 100-109
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 110-119
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 120-129
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 130-139
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 140-149
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 150-159
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 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                           ; 250-255
;
lokup3: DB      00,02,03,05,06,08,09,11,12,14               ; 00-09
        DB      15,17,18,20,21,23,24,25,27,28               ; 10-19
        DB      30,31,32,34,35,36,38,39,40,42               ; 20-29
        DB      43,44,45,47,48,49,50,52,53,54               ; 30-39
        DB      55,56,58,59,60,61,62,63,64,66               ; 40-49
        DB      67,68,69,70,71,72,73,74,75,76               ; 50-59
        DB      77,78,79,81,82,83,84,85,86,87               ; 60-69
        DB      88,88,89,90,91,92,93,94,95,96               ; 70-79
        DB      97,98,99,00,01,01,02,03,04,05               ; 80-89
        DB      06,07,08,08,09,10,11,12,13,13               ; 90-99
        DB      14,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 100-109
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 110-119
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 120-129
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 130-139
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 140-149
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 150-159
        DB      00,00,00,00,00,00,00,00,00,00               ; 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                  ; 250-255
;
      End
```

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM
PUSAT PERPUSTAKAAN

LAMPIRAN IV

HASIL PERIKSAAN

Gambar Stuk Hasil Pemeriksaan Pada Toko Optik

Gambar Sampel Dengan Menggunakan Alat Ukur Dioptri Kacamata

LAMPIRAN V

Hasil Pengukuran Pada 10 Sampel

Sampel ke	XA (cm)	Dp	XB (cm)	Dp
I	5.40	-1.00	4.23	-0.76
	5.83	-1.20	4.37	-0.83
	6.28	-1.32	3.77	-0.69
	5.72	-1.18	4.13	-0.78
	6.03	-1.26	4.41	-0.85
II	6.09	-1.26	5.34	-1.08
	6.22	-1.32	5.02	-1.00
	6.30	-1.35	5.64	-1.15
	6.14	-1.29	5.84	-1.21
	6.53	-1.41	6.55	-1.26
III	9.75	-2.54	7.64	-1.75
	10.22	-2.76	7.81	-1.81
	9.91	-2.62	7.71	-1.78
	9.84	-2.58	7.94	-1.85
	10.14	-2.71	7.53	-1.71
IV	2.82	-0.50	4.08	-0.76
	3.25	-0.59	4.32	-0.83
	3.38	-0.61	3.81	-0.72
	3.72	-0.69	4.52	-0.88
	3.12	-0.59	4.21	-0.81
V	9.08	-2.25	10.91	-3.09
	9.23	-2.33	11.12	-3.19
	9.45	-2.41	11.24	-3.25
	9.67	-2.29	11.35	-2.99
	9.19	-2.49	10.72	-3.30
VI	8.42	-2.02	9.72	-2.54
	8.67	-2.10	10.05	-2.67
	8.91	-2.21	10.18	-2.71
	8.22	-1.99	9.91	-2.62
	8.89	-2.17	9.63	-2.49

VII	10.21	-2.76	10.51	-2.90
	10.33	-2.80	10.43	-2.85
	10.43	-2.85	10.11	-2.71
	10.11	-2.71	10.33	-2.80
	10.51	-2.90	10.21	-2.76
VIII	4.07	-0.76	4.23	-0.81
	4.23	-0.81	4.42	-0.85
	4.42	-0.85	3.86	-0.72
	3.86	-0.72	4.07	-0.76
	4.16	-0.79	4.16	-0.79
IX	6.92	-1.52	7.42	-1.68
	7.12	-1.59	6.92	-1.52
	7.31	-1.65	6.81	-1.49
	7.42	-1.68	7.31	-1.65
	6.81	-1.49	7.12	-1.59
X	5.21	-1.05	2.91	-0.52
	5.42	-1.10	3.21	-0.59
	5.86	-1.21	3.54	-0.65
	5.71	-1.18	3.75	-0.69
	5.53	-1.13	3.39	-0.61