



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM PENGUKUR PANJANG FOKUS LENS
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

ADY PRASETYO

0706262060

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN FISIKA

DEPOK

DESEMBER 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**SISTEM PENGUKUR PANJANG FOKUS LENS
BERBASIS MIKROKONTROLER**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains**

ADY PRASETYO

0706262060

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN FISIKA

PEMINATAN FISIKA INSTRUMENTASI

DEPOK

DESEMBER 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Ady Prasetyo

NPM : 0706262060

Tanda Tangan :



Tanggal : 7 Desember 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Ady Prasetyo

NPM : 0706262060

Program Studi : Fisika Instrumentasi

Judul Skripsi : SISTEM PENGUKUR PANJANG FOKUS LENSA BERBASIS
MIKROKONTROLER

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Prawito

(.....)

Penguji : Dr. rer. nat. Martarizal

(.....)

Penguji : Drs. Lingga Hermanto M.Si

(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 7 Desember 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika pada Fakultas MIPA Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan serta bimbingan dari banyak pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan, motivasi dan doa sejak awal dimulainya perkuliahan hingga selesainya skripsi ini.
2. Dr. Prawito, selaku dosen pembimbing yang dengan penuh selalu bersedia untuk membimbing, mengarahkan, memberikan masukan pada saat berdiskusi, serta memotivasi penulis selama menyusun skripsi ini.
3. Dr. rer. nat. Martarizal dan Drs. Lingga Hermanto M.Si, selaku penguji I dan II yang telah meluangkan waktu untuk menguji serta mengoreksi hasil penelitian penulis. Terima kasih juga atas kesempatan dan waktu yang diberikan untuk berdiskusi dan juga atas saran-saran yang telah diberikan penguji kepada penulis untuk lebih membangun dan menjadi ilmu yang bermanfaat untuk kedepannya.
4. Seluruh dosen dan karyawan departemen Fisika atas segala ilmu dan bantuan teknis yang penulis peroleh selama menjadi mahasiswa Fisika UI.
5. Terima kasih banyak buat seorang wanita berparas cantik bernama Diah Ayu Ningtyas atas kesediannya menemani, memberi semangat, motivasi, bantuan, serta menjadi tempat “berteduh” disaat penulis sedang kesulitan mengerjakan tugas akhir. Love you :*.
6. Terima kasih juga kepada bang Maulana yang udah bersedia meminjamkan laptopnya untuk dipakai penulis saat awal pengerjaan skripsi. Juga terima

kasih kepada kakakku tercinta mbai yang terus menyokong penulis dalam hal materiil dan juga semangat, terima kasih kepada adikku Ani yang telah menggantikan mas ady dalam membantu orang tua di rumah.

7. Teman-teman satu peminatan Fisika Instrumentasi 2007, Radit, Ferdi, Wahid, Zul, Imas, Rusyda, Yulia, Singkop, Deki, thanks banget sudah bersedia untuk memberikan semangat juang kepada penulis dan bersama-sama menyelesaikan “tugas” kuliah sampai menginap di workshop, juga buat Husni, Arif, Jums, Vani, the best kalian semua.
8. Teman-teman Fisika 2007, yang telah memberikan banyak dukungan baik moral maupun materil serta masukan yang membangun.
9. Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak, telah menjadi ‘guru’ dalam kehidupan penulis.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu. Dan juga semoga skripsi ini dapat berguna bagi orang-orang yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak.

Depok, 7 Desember 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ady Prasetyo
NPM : 0706262060
Program Studi : Fisika Instrumentasi
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Noneksklusif (NON-exklusif Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Berbasis Mikrokontroler

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 7 Desember 2011

Yang menyatakan



(Ady Prasetyo)

ABSTRAK

Nama : Ady Prasetyo
Program Studi : Fisika
Judul : Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Berbasis
Mikrokontroler

Dalam penelitian ini telah dibuat sistem pengukur panjang fokus lensa berbasis mikrokontroler. Sistem pengukur panjang fokus lensa ini menggunakan sensor cahaya berupa *LDR* untuk mendeteksi tingkat intensitas cahaya yang dibiaskan oleh lensa. Cahaya sejajar yang dipancarkan oleh sumber jatuh tegak lurus terhadap garis utama lensa, kemudian diteruskan oleh lensa cembung menuju titik fokus lensa. *LDR* yang berfungsi sebagai detektor akan digerakkan oleh *motor dc* menuju titik fokus lensa. Kemudian detektor tersebut akan berhenti dan kembali ke tempat awal. *Rotary encoder* yang terletak didalam *motor dc* berfungsi untuk membaca putaran *motor dc* tersebut. Mikrokontroler disini berfungsi memerintahkan *motor dc* untuk menggerakkan detektor sekaligus membaca ADC pada *LDR* dan membaca perpindahan detektor tersebut. Kemudian akan dihasilkan jarak fokus lensa yang ditampilkan oleh LCD. Alat yang telah dibuat kurang akurasi namun cukup presisi dengan nilai deviasi rata-rata sebesar ± 1 mm.

Kata kunci: Lensa, *LDR*, *motor DC*, *rotary encoder*, mikrokontroler, *ADC*.

ABSTRACT

Name : Ady Prasetyo
Study Program : Physics
Topic : Microcontroller-based Lens Focal Length Measuring System

In this research has been made the focal length of lens measuring systems based on microcontroller. Lens focal length measuring system uses a LDR light sensor to detect the level of intensity of light refracted by the lens. Parallel light emitted by the source falls perpendicular to the main line of the lens, then passed by a convex lens toward the focusing lens. LDR which serves as the detector will be driven by a dc motor to the lens focal point. Then the detector will stop and return to the initial position. Rotary encoder located inside the dc motor is used to read the dc motor rotation. Microcontroller ordered a dc motor to drive the detector as well as read the ADC on the LDR and read the detector displacement. Then will the resulting focal length lens that is displayed by the LCD. The system that have been made has less accuracy but sufficient precision to the value of the average deviation of ± 1 mm.

Keyword: Lens, LDR, motor DC, rotary encoder, microcontroller, ADC,

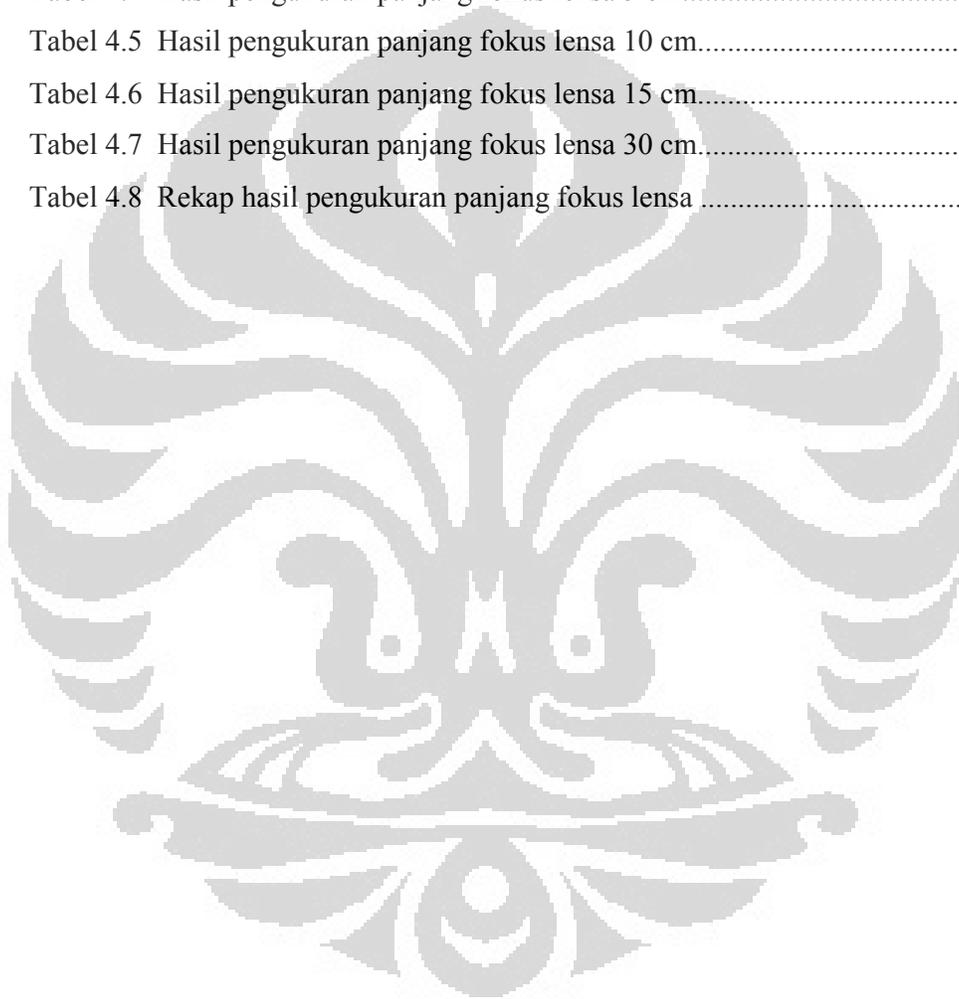
DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR | iv |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS | vi |
| ABSTRAK | vii |
| ABSTRACT | viii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Batasan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 2 |
| 1.4 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.5 Metode Penelitian | 3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 3 |
| BAB 2 LANDASAN TEORI | 5 |
| 2.1 LASER | 5 |
| 2.2 Lensa | 8 |
| 2.2.1 Lensa Cembung | 9 |
| 2.2.2 Lensa Cekung | 10 |
| 2.3 Sensor Cahaya | 13 |
| 2.3.1 Fototransistor | 13 |
| 2.3.2 Fotodiode | 14 |
| 2.3.3 LDR | 15 |
| 2.4 Motor DC | 16 |
| 2.4.1 Pengertian Motor DC | 16 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.2 Prinsip Dasar Kerja Motor DC | 17 |
| 2.5 Power Supply | 19 |
| 2.6 Mikrokontroler | 19 |
| BAB 3 PERANCANGAN ALAT | 22 |
| 3.1 Perangkat Keras (Hardware) | 22 |
| 3.1.1 Perancangan Sensor LDR | 23 |
| 3.1.2 Perancangan Sistem Minimum ATmega 8535 serta LCD .. | 24 |
| 3.1.2.1 Sistem Minimum ATmega 8535 | 24 |
| 3.1.2.2 LCD | 25 |
| 3.1.3 Perancangan Driver Motor DC | 27 |
| 3.1.4 Perancangan Motor DC dengan Encoder | 28 |
| 3.1.5 Perancangan Mekanik | 29 |
| 3.3 Perangkat Lunak (Software) | 30 |
| BAB 4 ANALISIS HASIL PENELITIAN | 32 |
| 4.1 Analisis Data Kalibrasi ADC | 32 |
| 4.2 Analisis Data Kalibrasi Putaran Motor DC | 35 |
| 4.3 Pengukuran Panjang Fokus Lensa dengan Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Berbasis Mikrokontroler..... | 37 |
| BAB 5 PENUTUP | 41 |
| 5.1 Kesimpulan | 41 |
| 5.2 Saran | 41 |
| DAFTAR ACUAN | 42 |

DAFTAR TABEL

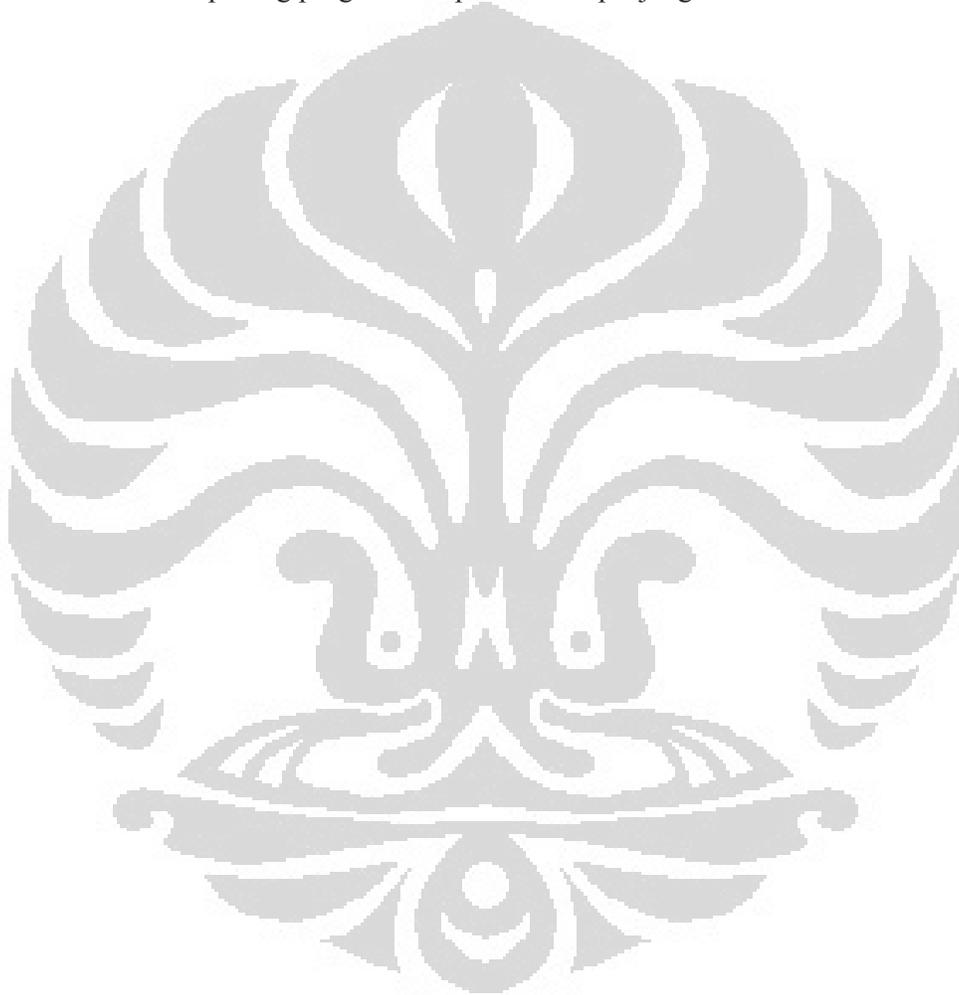
| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Hubungan antara tegangan input dengan nilai ADC pada mikrokontroler..... | 33 |
| Tabel 4.2 Keterangan motor DC yang digunakan..... | 36 |
| Tabel 4.3 Hubungan antara perpindahan detektor dengan putaran motor DC.... | 36 |
| Tabel 4.4 Hasil pengukuran panjang fokus lensa 5 cm..... | 38 |
| Tabel 4.5 Hasil pengukuran panjang fokus lensa 10 cm..... | 38 |
| Tabel 4.6 Hasil pengukuran panjang fokus lensa 15 cm..... | 39 |
| Tabel 4.7 Hasil pengukuran panjang fokus lensa 30 cm..... | 39 |
| Tabel 4.8 Rekap hasil pengukuran panjang fokus lensa | 39 |



DAFTAR GAMBAR

| | | |
|-------------|---|----|
| Gambar 1.1 | Diagram langkah-langkah pengolahan data..... | 2 |
| Gambar 1.2 | Sketsa awal pengukur fokus lensa berbasis mikrokontroler..... | 3 |
| Gambar 2.1 | Ilustrasi sederhana sebuah atom..... | 5 |
| Gambar 2.2 | Eksitasi elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi..... | 6 |
| Gambar 2.3 | Kembalinya elektron ke energi semula disertai emisi cahaya..... | 6 |
| Gambar 2.4 | Teknologi Laser..... | 7 |
| Gambar 2.5 | Jenis-jenis lensa cembung..... | 9 |
| Gambar 2.6 | Sinar-sinar utama pada lensa cembung..... | 10 |
| Gambar 2.7 | (a) Cahaya sejajar menuju lensa cembung,(b)percobaan pembiasan cahaya pada lensa cembung..... | 10 |
| Gambar 2.8 | Jenis-jenis lensa cekung..... | 11 |
| Gambar 2.9 | Sinar-sinar utama pada lensa cekung..... | 11 |
| Gambar 2.10 | (a) Rangkaian fototransistor , (b) beberapa jenis fototransistor... | 14 |
| Gambar 2.11 | Skematik fotodioda (a) , penampakan fotodioda (b)..... | 15 |
| Gambar 2.12 | Rangkaian dari LDR dan juga penampakkanya..... | 16 |
| Gambar 2.13 | Motor DC Sederhana..... | 17 |
| Gambar 2.14 | Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor..... | 18 |
| Gambar 2.15 | Medan magnet U yang membawa arus mengelilingi konduktor.. | 18 |
| Gambar 2.16 | Reaksi garis fluks..... | 18 |
| Gambar 2.17 | Kaki-kaki pada ATMEGA 8535..... | 21 |
| Gambar 3.1 | Blok diagram sistem pengukuran | 22 |
| Gambar 3.2 | Sistem pengukur fokus lensa berbasis mikrokontroler..... | 23 |
| Gambar 3.3 | Rangkaian sederhana dari LDR..... | 24 |
| Gambar 3.4 | Skematik minimum sistem ATmega8535..... | 25 |
| Gambar 3.5 | Rancangan Rangkaian LCD..... | 26 |
| Gambar 3.6 | Perancangan <i>Driver motor DC</i> | 28 |
| Gambar 3.7 | Bentuk Driver Motor Tipe L298..... | 28 |
| Gambar 3.8 | Pin Kaki Driver Motor Tipe L298..... | 28 |
| Gambar 3.9 | Blok penyusun <i>rotary encoder</i> | 30 |
| Gambar 3.10 | Sketsa sistem pengukur fokus lensa berbasis mikrokontroler..... | 30 |

| | |
|--|----|
| Gambar 3.11 <i>Flowchart</i> program pengukur fokus lensa..... | 31 |
| Gambar 4.1. Grafik hubungan tegangan input dengan ADC..... | 34 |
| Gambar 4.2 Respon tegangan konversi terhadap tegangan masukan ADC..... | 34 |
| Gambar 4.3 Relasi counter motor DC dengan perpindahan detektor..... | 36 |
| Gambar 4.4 Gambar 4.4 Respon jarak konversi terhadap jarak detektor sebenarnya..... | 37 |
| Gambar 4.5 Sepotong program inti pembacaan panjang fokus lensa..... | 40 |



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mata manusia sebagai alat indra penglihatan dapat dipandang sebagai alat optik yang sangat penting bagi manusia. Cahaya yang masuk ke mata akan difokuskan oleh lensa mata ke permukaan retina. Oleh sel-sel yang ada di dalam retina, rangsangan cahaya ini dikirimkan ke otak. Oleh otak diterjemahkan sehingga menjadi kesan melihat. Perlu diketahui bahwa jarak antara lensa mata dan retina selalu tetap. Sehingga dalam melihat benda-benda pada jarak tertentu perlu mengubah kelengkungan lensa mata. Untuk mengubah kelengkungan lensa mata, yang berarti mengubah jarak titik fokus lensa merupakan tugas otot siliar. Hal ini dimaksudkan agar bayangan yang dibentuk oleh lensa mata selalu jatuh di retina.

Lensa pada mata dapat berubah jarak titik fokusnya tergantung pada daya akomodasi mata. Jika mata manusia sudah berkurang daya akomodasinya, maka orang tersebut memerlukan bantuan kacamata untuk membuat bayangan jatuh tepat pada retinanya.

Panjang fokus lensa tergantung dari seberapa besar kelengkungan sebuah lensa. Semakin besar jari-jari kelengkungan suatu lensa, maka akan semakin besar juga jarak fokus lensa tersebut. Semakin besar jarak fokus maka jarak antara bayangan dengan lensa agar mencapai titik fokus yang sesuai juga akan semakin besar.

Seseorang yang menggunakan alat optik lensa untuk keperluannya, harus mengetahui terlebih dahulu seberapa besar fokus lensa yang akan dia gunakan untuk keperluannya. Sebagai contoh adalah seorang penderita rabun jauh atau rabun dekat, mereka harus memeriksakan matanya terlebih dahulu untuk diketahui seberapa besar kekuatan lensa yang diperlukan oleh si penderita. Setelah itu pembuat kacamata akan membuat lensa dengan jari-jari kelengkungan yang sesuai dengan kekuatan lensa yang akan digunakannya. Penderita rabun tersebut akan kembali melihat dengan normal dengan bantuan kacamata yang dikenakannya.

Selain pada kacamata, lensa juga digunakan pada setiap alat optis yang ada saat ini terutama yang fungsinya untuk menangkap bayangan benda yang tidak dapat ditangkap dengan mata telanjang seperti teleskop, mikroskop, teropong bintang, dan masih banyak lagi. Mengingat hal ini, maka penulis membuat suatu sistem sederhana untuk mengetahui panjang fokus suatu lensa. Sistem yang dirancang menggunakan prinsip sederhana, namun berbasis mikrokontroler sehingga memudahkan pengamat untuk mengetahui jarak fokus tanpa harus mengatur jarak bayangan benda sendiri.

1.2 Batasan Masalah

Penelitian ini adalah penerapan konsep dasar teori tentang pembentukan bayangan oleh lensa. Lensa yang digunakan pada penelitian ini adalah lensa cembung dan memiliki batasan panjang fokus kurang dari 50 sentimeter, agar sistem yang dirancang tidak relatif besar dimensinya

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui panjang fokus dari sebuah lensa cembung secara otomatis dengan menerapkan pengetahuan dasar ilmu fisika dan pengetahuan tentang elektronika.

1.4 Rumusan Masalah

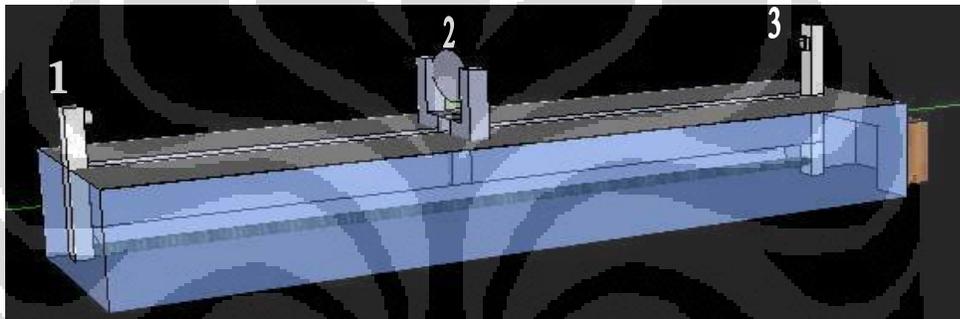
Penelitian ini menggunakan alat otomatisasi pengukuran panjang focus lensa. Lensa tersebut akan diletakkan diantara sumber cahaya dan screen yang dalam hal ini adalah sensor cahaya. Kemudian detektor akan menyesuaikan jarak dengan lensa sampai diperoleh focus yang sesuai, yakni intensitas cahaya yang jatuh pada sensor adalah yang paling terang. Input yang masuk pada sensor berupa tingkat intensitas cahaya yang berasal dari sumber .

Berikut ini adalah diagram langkah-langkah pengolahan data dalam penelitian :



Gambar 1.1. Diagram langkah-langkah pengolahan data

Gambar di bawah ini adalah rancangan alat yang akan dibuat dalam penelitian. Sumber cahaya terletak pada (1), kemudian cahaya dari sumber akan melalui lensa (2), dan ditangkap oleh detector(3). Untuk selanjutnya akan diproses oleh mikrokontroler ATMEGA8535.



Gambar 1.2. Sketsa awal alat pengukur fokus lensa berbasis mikrokontroler

1.5 Metode Penelitian

Tahapan-tahapan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Studi tentang alat yang akan dirancang.
2. Desain rancangan alat dan simulasi mikrokontroller,
3. Pembuatan alat.
4. Pengambilan data dan pengujian.
5. Pembahasan dan analisis

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi terdiri atas lima bab yang secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Bab 1 Pendahuluan

Bab ini memuat tentang latar belakang dari penelitian, tujuan, metode yang digunakan, dan juga pembatasan masalah pada penelitian yang dilakukan.

2. Bab 2 Landasan Teori

Bab ini memuat secara garis besar teori dasar yang berhubungan dengan penelitian.

3. Bab 3 Perancangan Alat

Bab ini memuat penggunaan perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung aplikasi pada system aplikasi perhitungan panjang fokus berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535.

4. Bab 4 Analisis Hasil Penelitian

Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil penelitian sensor fotodiode yang digunakan dan juga analisis sistem untuk menentukan panjang fokus berbasis mikro.

5. Bab 5 Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan penelitian yang telah dilakukan, serta saran-saran yang berguna untuk proses pengembangan selanjutnya.

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1. LASER

LASER merupakan singkatan dari Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (penguatan cahaya dengan stimulasi emisi radiasi). Selanjutnya kata LASER menjadi suatu kata yang baku. Untuk mengetahui laser lebih lanjut, perhatikan persamaan berikut:

$$h \cdot f = E_2 - E_1 \quad (2.1)$$

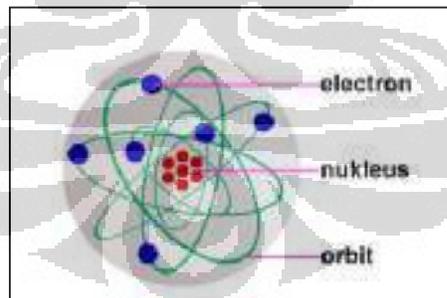
h = Konstanta Plank

f = frekuensi

E_1 = tingkat energi 1

E_2 = tingkat energi 2

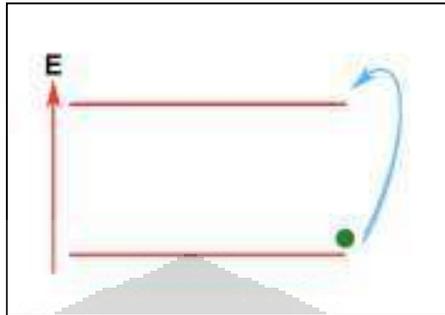
Sebuah atom terdiri dari inti atom yang disebut nukleus (berisi proton dan netron), dan awan elektron (Gambar 2.1). Elektron-elektron ini selalu berputar mengelilingi inti atom pada orbit-orbit tertentu, sesuai dengan tingkat energinya. Dari sini kita tahu bahwa atom selalu bergerak (vibrasi dan rotasi), hanya saja kita tidak bisa melihat pergerakannya di benda-benda padat seperti pintu, kursi, dan semua benda lain. Jadi, benda yang selama ini kita kira dalam keadaan diam sebenarnya tidak diam sama sekali.



Gambar 2.1 Ilustrasi sederhana sebuah atom [18]

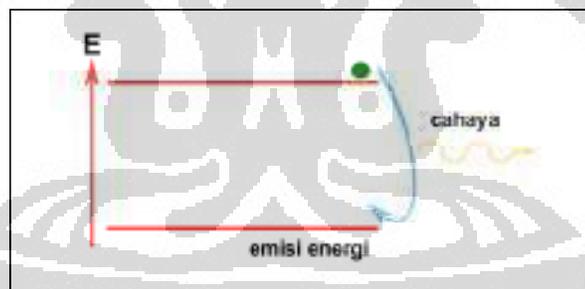
Orbit elektron yang memiliki tingkat energi paling rendah adalah yang paling dekat dengan inti. Jadi, semakin jauh elektron dari inti, semakin tinggi pula tingkat energinya. Ini artinya, kalau kita memberikan energi pada atom (misalnya dalam bentuk energi panas, energi listrik, atau energi cahaya) maka elektron yang

berada di tingkat energi dasar (*ground-state energy level*) dapat tereksitasi (pindah) ke orbit yang tingkat energinya lebih tinggi.



Gambar 2.2 Eksitasi elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi[18]

Elektron yang sudah pindah ke tingkat energi yang lebih tinggi ini (*excited electron*) berada dalam keadaan tidak stabil. Elektron ini selalu berusaha untuk kembali ke keadaan awalnya dengan cara melepaskan kelebihan energi tersebut. Energi yang dilepaskan berbentuk foton (energi cahaya) yang memiliki panjang gelombang tertentu (warna tertentu) sesuai dengan tingkat energinya. Ini yang disebut radiasi atom. Pada lampu senter ataupun lampu neon biasa, cahaya yang dihasilkan menuju ke segala arah dan memiliki bermacam panjang gelombang dan frekuensi (*incoherent light*). Hasilnya adalah cahaya yang sangat lemah.



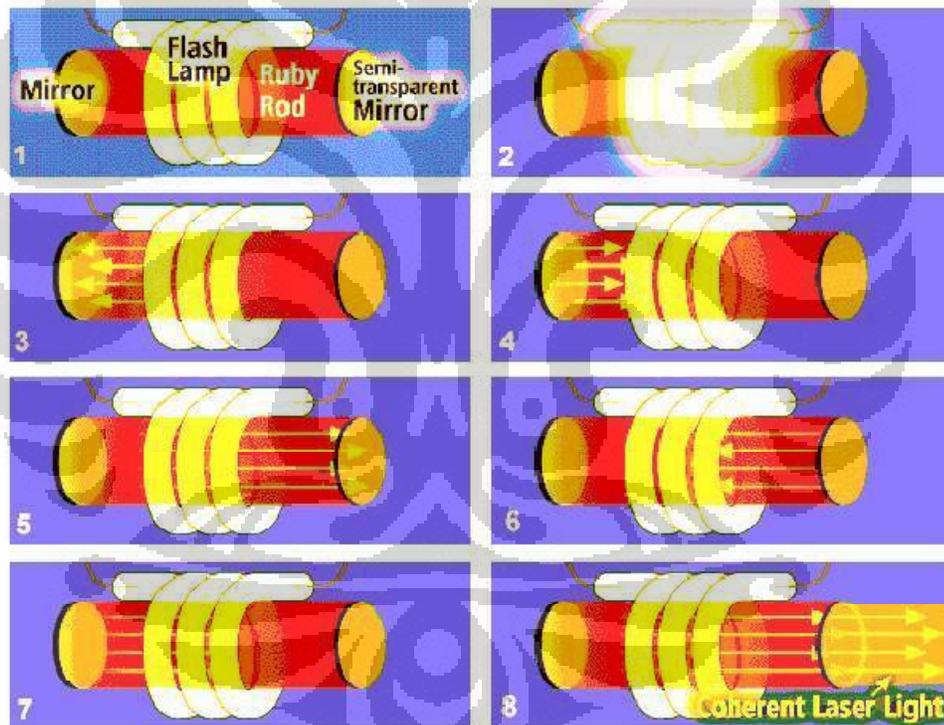
Gambar 2.3 Kembalinya elektron ke tingkat energi semula disertai emisi cahaya[18]

Pada teknologi laser, cahaya yang dihasilkan mempunyai karakteristik tersendiri yaitu monokromatik (satu panjang gelombang yang spesifik), koheren, dan menuju satu arah yang sama sehingga cahayanya menjadi sangat kuat, terkonsentrasi, dan terkoordinir dengan baik.

Dengan menggunakan bantuan cermin! Pada Gambar 2.4 kita melihat dua buah cermin yang diletakkan di kedua ujung batu ruby. Salah satu cermin dibuat *half-silvered* (hanya memantulkan sebagian cahaya; sementara cahaya yang tidak

dipantulkan dapat menerobos keluar). Ruby diberi stimulasi energi (disinari dengan cahaya) sehingga beberapa elektronnya tereksitasi. Kemudian elektron yang tereksitasi ini berusaha kembali ke tingkat energi awal dengan melepaskan cahaya (foton). [18]

Cahaya ini memantul-mantul pada permukaan cermin dan menyinari electron-elektron ‘tetangga’nya sehingga menyebabkan tereksitasinya para electron ‘tetangga’ tersebut. Elektron-elektron ini kemudian juga mengemisikan cahaya untuk kembali ke keadaan normalnya. Begitu seterusnya! Seperti reaksi berantai! Sebagian cahaya berhasil menerobos keluar dari *half-silvered mirror*. Sinar ini merupakan sinar yang monokromatik, koheren, dan berfasa tunggal (*single phase*). Sinar inilah yang kita kenal sebagai sinar laser. [18]



Gambar 2.4 Teknologi Laser[18]

Ada bermacam media yang dapat digunakan untuk menghasilkan sinar laser, misalnya *solid state laser* (menggunakan bahan padat sebagai medianya, contoh: batu ruby), dan *gas laser* (misalnya gas helium, neon, CO₂). Kekuatan laser sangat bervariasi, bergantung pada panjang gelombang yang dihasilkannya.

Sebagai perbandingan, panjang gelombang yang dihasilkan *ruby laser* adalah 694

Universitas Indonesia

nm ($6,94 \times 10^{-7}$ m), sedangkan panjang gelombang yang dihasilkan gas CO₂ adalah 10.600 nm ($1,06 \times 10^{-5}$ m). Batu ruby (CrAlO₃) menghasilkan sinar laser berwarna merah, sedangkan gas CO₂ menghasilkan sinar pada daerah inframerah dan gelombang mikro (*microwave*). Radiasi inframerah berbentuk panas sehingga laser yang dihasilkan mampu melelehkan benda apa pun yang terkena sinarnya, bahkan bisa digunakan untuk memotong baja. [18]

Sinar laser yang berwarna-warni dihasilkan dari medium yang memiliki panjang gelombang berbeda-beda. Biasanya laser yang berwarna-warni ini tidak berbahaya karena berada pada intensitas yang relatif kecil. Warna-warni indah laser ini dimanfaatkan untuk mempermanis pertunjukan musik maupun acara-acara besar seperti perayaan menyambut tahun baru. Operasi-operasi kesehatan dan kecantikan juga memanfaatkan kedahsyatan sinar laser ini karena mampu 'menembak' tepat pada target. Dalam dunia sehari-hari kita juga bisa menemukan laser yang digunakan untuk *barcode scanning* di supermarket, *laser printer*, *CD (compact disc) player*, dan yang paling umum adalah *laser pointer* yang digunakan saat presentasi.

2.2.Lensa

Lensa adalah peralatan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Mikroskop menggunakan susunan lensa untuk melihat benda-benda renik yang tidak dapat dilihat oleh mata telanjang. Kamera menggunakan lensa agar dapat melihat obyek dalam film. Teleskop pun menggunakan lensa untuk melihat bintang-bintang yang jaraknya jutaan tahun cahaya dari bumi.

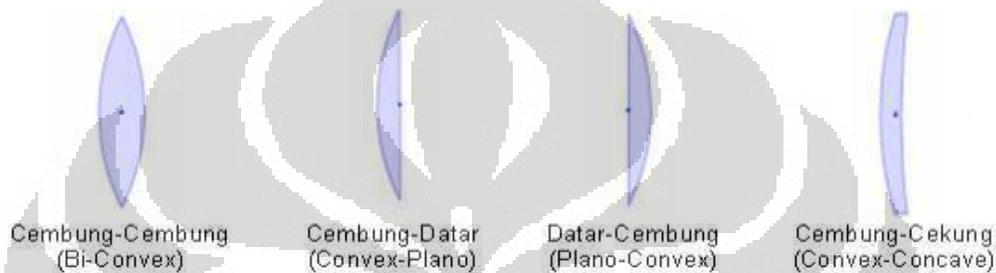
Lensa adalah benda transparan yang mampu membelokkan (membiaskan) berkas-berkas cahaya yang melewatinya sehingga jika suatu benda berada di depan lensa tersebut, maka bayangan dari benda tersebut akan terbentuk. Lensa umumnya terbuat dari kaca plastic atau fiber.

Secara garis besar, lensa terbagi menjadi dua bagian, yaitu lensa cembung dan lensa cekung. Bentuk permukaan lensa cembung memiliki permukaan yang melengkung ke luar. Bentuk permukaan cekung memiliki permukaan lensa yang melengkung ke arah dalam. Lensa ada juga yang diklasifikasikan oleh

kelengkungan kedua permukaan optik.. Kedua permukaan lensa juga memiliki jari-jari kelengkungan yang sama.

2.2.1. Lensa Cembung

Lensa cembung memiliki bagian tengah yang lebih tebal daripada bagian tepinya. Sifat dari lensa ini adalah mengumpulkan sinar sehingga disebut juga lensa konveks atau konvergen. Ada beberapa bentuk lensa cembung seperti diperlihatkan pada gambar 2.5.



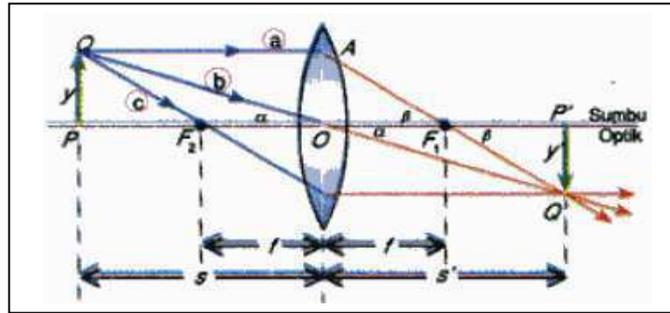
Gambar 2.5 Jenis-jenis lensa cembung. [21]

Disebut lensa cembung ganda (*biconvex*) jika kedua permukaan lensa berbentuk cembung. Jika permukaan lensa lainnya berbentuk datar, lensa tersebut biasa disebut dengan lensa datar cembung (*planconvex*). Sedangkan jika bagian lain dari lensa cembung itu berbentuk cekung, maka lensa tersebut biasanya disebut dengan lensa cembung cekung (*convex-concave*).

Untuk melukiskan sifat-sifat lensa serta pembentukan bayangan oleh lensa, kita perlu mengetahui karakteristik sinar-sinar utama pada lensa. Sinar-sinar utama tersebut dapat digunakan untuk melukiskan pembentukan bayangan pada lensa secara grafis. Sinar-sinar utama pada lensa cembung yaitu :

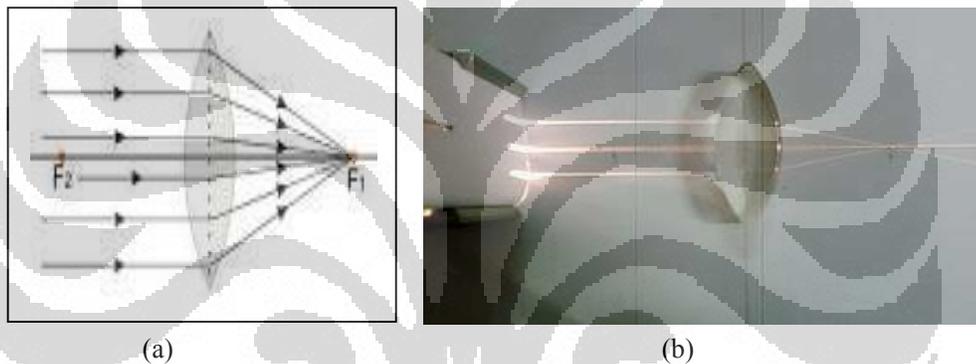
- Sinar datang sejajar sumbu utama dibiaskan melalui titik fokus pertama (F_1).
- Sinar datang melalui pusat optik (pusat lensa) tidak dibiaskan.
- Sinar datang melalui titik fokus kedua (F_2) dibiaskan sejajar sumbu utama.

Untuk lebih jelas lagi, dapat dilihat pada gambar 2.6 tentang sinar-sinar istimewa yang melalui lensa cembung.



Gambar 2.6 Sinar-sinar utama pada lensa cembung. [21]

Teori yang telah dikemukakan sebelumnya dapat kita buktikan dengan percobaan yang sederhana dan dengan peralatan yang sederhana juga. Pada gambar 2.7 menunjukkan percobaan yang dilakukan dengan menggunakan sumber cahaya dan lensa yang memang bertujuan untuk praktikum untuk melihat pembiasan cahaya yang dilakukan oleh lensa cembung ganda (*biconcex*).



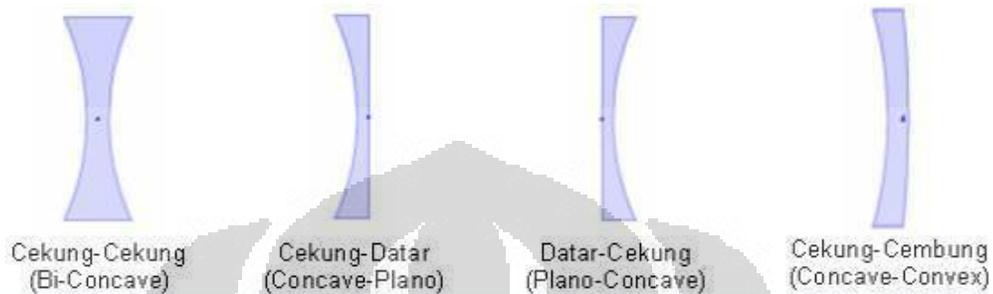
Gambar 2.7. (a) Cahaya sejajar menuju lensa cembung, (b) percobaan pembiasan cahaya pada lensa cembung. [12]

Dari gambar di atas terlihat bahwa sinar bias mengumpul ke satu titik fokus di belakang lensa. Berbeda dengan cermin yang hanya memiliki satu titik fokus, lensa memiliki dua titik fokus. Titik fokus yang merupakan titik pertemuan sinar-sinar bias disebut fokus utama (f_1) disebut juga fokus aktif. Karena pada lensa cembung sinar bias berkumpul di belakang lensa maka letak f_1 -nya juga di belakang lensa. Sedangkan fokus pasif (f_2) simetris terhadap f_1 . Untuk lensa cembung, letak f_2 ini berada di depan lensa.

2.2.2. Lensa Cekung

Berbeda dengan lensa cembung yang sebelumnya telah dibahas, pada lensa cekung bagian yang membentuk elips atau lengkungan adalah yang mengarah ke bagian dalam lensa. Sifat bayangan yang akan terbentuk jika lensa ini disinari oleh

seberkas sinar yang sejajar adalah menyebar menuju titik tak hingga atau biasa kita kenal dengan sebutan *divergen*. Sama halnya lensa cembung, pada lensa cekung juga terdapat beberapa jenis lensa cekung seperti yang ditampilkan pada gambar 2.8 di bawah ini.

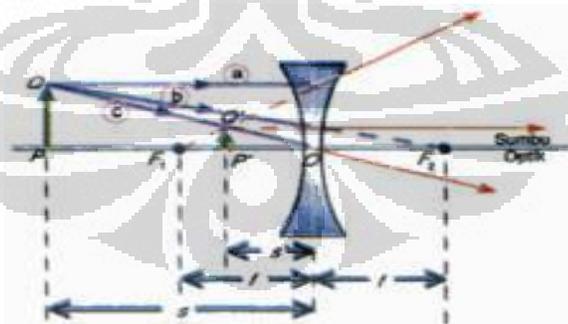


Gambar 2.8 Jenis-jenis lensa cekung. [21]

Lensa cekung juga memiliki beberapa sinar istimewa dalam proses pembentukan bayangannya. Sinar-sinar utama tersebut seperti yang dituliskan dibawah ini.

- Sinar datang sejajar sumbu utama dibiaskan seolah-olah berasal dari titik fokus pertama (F_1).
- Sinar datang melalui pusat optik (pusat lensa) tidak dibiaskan.
- Sinar datang menuju titik fokus kedua (F_2) dibiaskan sejajar sumbu utama.

Untuk dapat memahami bagaimana sinar-sinar utama tersebut dibiaskan oleh lensa cekung sehingga terbentuk bayangan, dapat dilihat pada gambar 2.9 ilustrasi dari penjelasan sinar utama tersebut.



Gambar 2.9 Sinar-sinar utama pada lensa cekung. [21]

Pada gambar 2.6 dan gambar 2.9, jarak dari objek ke lensa dilambangkan dengan S , sedangkan jarak dari lensa ke gambar adalah S' masing-masing, untuk lensa ketebalan diabaikan (lensa tipis) di udara, maka kita dapat menghitung besarnya fokus lensa tersebut dengan menggunakan rumus (lensa tipis)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \quad (2.2)$$

Dengan f adalah panjang fokus lensa yang diamati. Sedangkan untuk mengetahui seberapa besar suatu benda mengalami pembiasan (perbesaran suatu benda) dapat dihitung dengan rumus

$$M = -\frac{S'}{S} \quad (2.3)$$

Dimana M adalah faktor pembesaran, jika $M > 1$, maka bayangan objek akan mengalami pembesaran jika dibandingkan besar objek itu sendiri. Namun kedua persamaan diatas berlaku jika sebuah objek ditempatkan pada jarak S sepanjang sumbu di depan lensa positif dan layar (detector) ditempatkan pada jarak S' di belakang lensa. Jika demikian maka objek tersebut akan memiliki bayangan yang tajam di layar, dengan syarat $S > f$. Namun jika ternyata penempatan layar berbeda sedikit saja dari besar S' yang seharusnya, maka gambar bayangan yang dihasilkan menjadi kabur (kurang tajam atau tidak fokus). Hal inilah yang merupakan prinsip dari fotografi dan mata manusia. Gambar yang dihasilkan dalam kasus ini biasa dikenal sebagai *bayangan nyata*.

Namun bagaimana jika terjadi kasus dimana $S < f$, maka nilai S' menjadi negatif, dan bayangan yang dihasilkan akan terlihat pada sisi yang sama diantara lensa dengan objek. Meskipun demikian bayangan ini tetap ada dan biasa dikenal sebagai *gambar virtual* (bayangan maya). Selain itu bayangan tersebut juga tidak dapat diproyeksikan pada layar yang dalam hal ini berada pada posisi yang berlawanan dengan objek.

Pembahasan diatas merupakan seputar lensa tipis yang hanya teori fundamentalnya saja untuk membuat kita lebih mengerti konsep, namun apakah pada kenyataannya persamaan diatas dapat kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari? Jawabannya tentu tidak dapat digunakan, karena pada kenyataannya lensa yang kita gunakan terbuat dari kaca ataupun fiber yang masing-masing dari bahan tersebut pasti memiliki indeks bias yang berbeda. Selain itu lensa pada umumnya memiliki suatu ketebalan untuk menentukan seberapa kuat lensa tersebut melakukan perbesaran, yang berarti pada pembuatan lensa nanti harus

diperhitungkan berapakah jari-jari kelengkungan suatu lensa yang akan dibuat oleh si pembuat lensa.

Jika memasukkan besaran indeks bias dan jari-jari kelengkungan lensa, maka persamaannya akan menjadi :

$$\frac{1}{S} + \frac{1}{S'} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2.4)$$

Dengan mengingat rumus umum dari fokus lensa, maka persamaan di atas dapat juga ditulis dalam bentuk :

$$\frac{1}{f} = (n-1) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2.5)$$

Persamaan diatas adalah pembiasan cahaya yang dilakukan pada medium udara, namun jika lensa tersebut diletakkan kedalam medium yang memiliki indeks bias n_m maka persamaan tersebut akan berubah menjadi :

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n}{n_m} - 1 \right) \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (2.6)$$

2.3. Sensor Cahaya

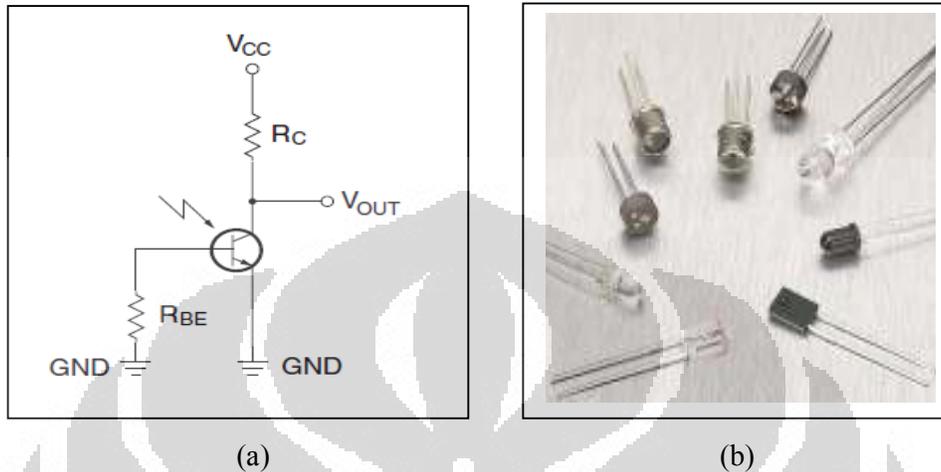
Terdapat banyak peranti yang dapat digunakan sebagai sensor cahaya antara lain fotoresistor, fotodioda, dan fototransistor. Berdasarkan panjang gelombangnya sensor cahaya diklasifikasikan menjadi sensor inframerah, cahaya tampak dan ultraviolet.

Sensor cahaya mempunyai banyak kegunaan pada sistem otomasi. Beberapa contohnya antara lain deteksi kertas pada printer, penentuan banyaknya lampu yang dibutuhkan suatu ruangan, dan penentuan nyala lampu blitz pada kamera dan masih banyak lagi.

2.3.1. Fototransistor

Fototransistor merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai detector cahaya yang dapat mengubah efek cahaya menjadi sinyal listrik. Fototransistor dapat diterapkan sebagai sensor yang baik, karena memiliki kelebihan dibandingkan dengan komponen lain yaitu mampu mendeteksi sekaligus menguatkannya dengan satu komponen tunggal. Bahan utama

fototransistor adalah silicon atau germanium sama seperti transistor lainnya. Fototransistor juga memiliki dua tipe yaitu tipe PNP dan tipe NPN. Fototransistor digunakan sebagai detector cahaya peka, terutama terhadap cahaya inframerah.

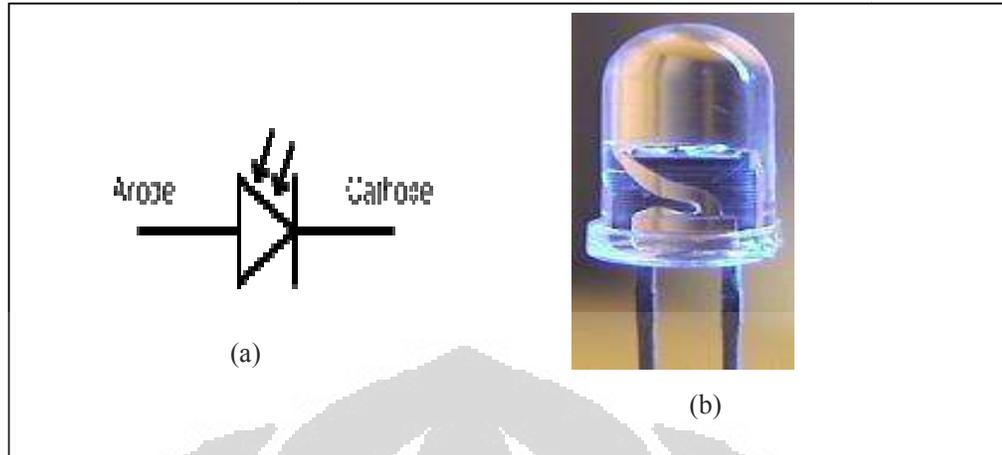


Gambar 2.10. (a) Rangkaian fototransistor , (b) beberapa jenis fototransistor[20]

Fototransistor (*Phototransistor*) ini pada dasarnya adalah jenis transistor bipolar yang menggunakan kontak (*junction*) base-collector untuk menerima cahaya. Komponen ini mempunyai sensitivitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan fotodiode. Hal ini disebabkan karena elektron yang ditimbulkan oleh foton cahaya pada *junction* ini di-injeksikan di bagian Base dan diperkuat di bagian Kolektornya. Namun demikian, waktu respons dari fototransistor secara umum akan lebih lambat dari pada fotodiode.

2.3.2. Fotodiode

Fotodiode adalah jenis diode yang berfungsi mendeteksi cahaya. Fotodiode merupakan sensor cahaya semikonduktor yang dapat mengubah besaran cahaya menjadi besaran listrik. Fotodiode merupakan sebuah diode dengan sambungan pn yang dipengaruhi cahaya dalam kerjanya. Cahaya yang dapat dideteksi oleh fotodiode ini mulai dari cahaya infra merah, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X. Aplikasi fotodiode mulai dari penghitung kendaraan di jalan umum secara otomatis, pengukur cahaya pada kamera serta beberapa peralatan di bidang medis.



Gambar 2.11. Simbol fotodiode (a) , penampakan fotodiode (b) [11]

Prinsip kerja dari fotodiode jika sebuah sambungan-pn dibias maju dan diberikan cahaya padanya maka pertambahan arus sangat kecil sedangkan jika sambungan pn dibias mundur arus akan bertambah cukup besar. Cahaya yang dikenakan pada fotodiode akan mengakibatkan terjadinya pergeseran foton yang akan menghasilkan pasangan electron-hole di kedua sisi dari sambungan. Ketika elektron-elektron yang dihasilkan itu masuk ke pita konduksi maka elektron-elektron itu akan mengalir ke arah positif sumber tegangan sedangkan hole yang dihasilkan mengalir ke arah negatif sumber tegangan sehingga arus akan mengalir di dalam rangkaian. Besarnya pasangan elektron ataupun hole yang dihasilkan tergantung dari besarnya intensitas cahaya yang dikenakan pada fotodiode.

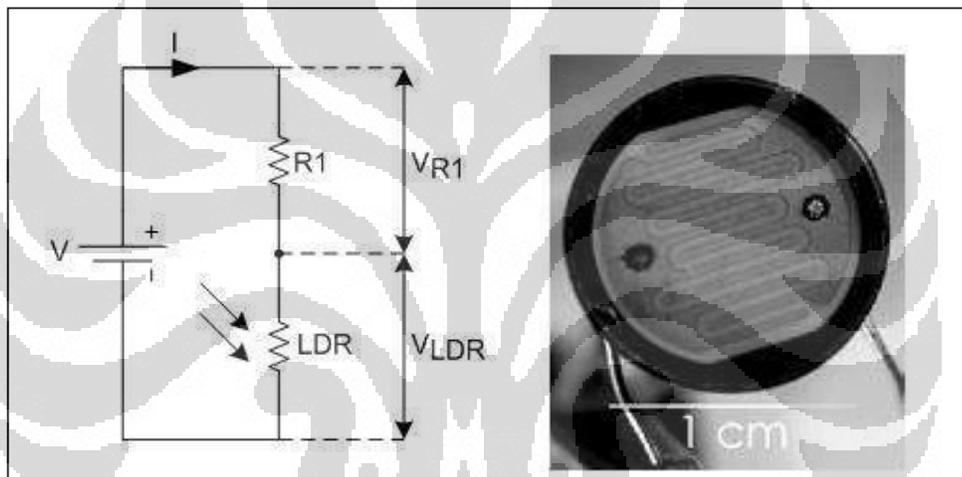
2.3.3. *Light Dependent Resistor (LDR)*

Light Dependent Resistor adalah resistor yang nilai resistansinya berubah-ubah karena adanya intensitas cahaya yang diserap. LDR juga merupakan resistor yang mempunyai koefisien temperature negative, dimana resistansinya dipengaruhi oleh intensitas cahaya. LDR dibentuk dari cadmium Sulfid (CdS) yang dihasilkan dari serbuk keramik. Secara umum, CdS disebut juga peralatan photo conductive, selama konduktivitas atau resistansi dari CdS bervariasi terhadap intensitas cahaya.

Light Dependent Resistor terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaannya. Pada saat gelap atau cahaya

redup, bahan dari cakram tersebut menghasilkan elektron bebas dengan jumlah yang relatif kecil. Sehingga hanya ada sedikit elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya redup LDR menjadi konduktor yang buruk, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang besar pada saat gelap atau cahaya redup.

Pada saat cahaya terang, ada lebih banyak elektron yang lepas dari atom bahan semikonduktor tersebut. Sehingga akan ada lebih banyak elektron untuk mengangkut muatan elektrik. Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik, atau bisa disebut juga LDR memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang.



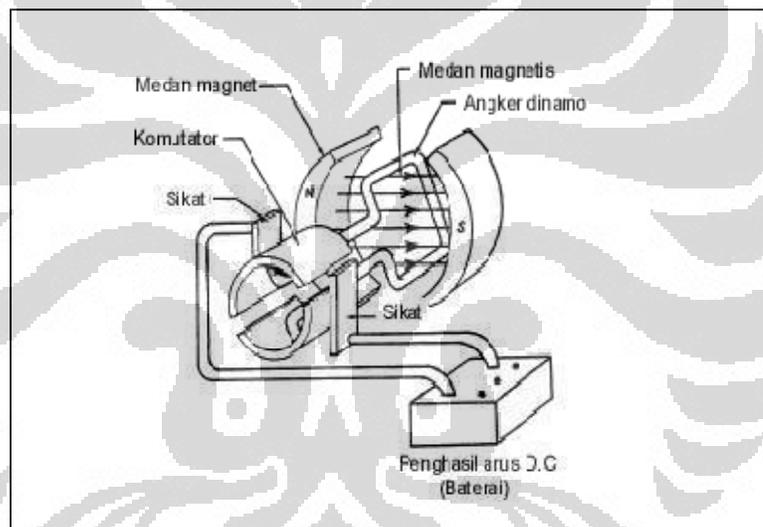
Gambar 2.12. Rangkaian dari LDR dan juga penampakkannya. [3]

2.4. Motor DC

2.4.1. Pengertian Motor DC

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motormotor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri.

Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik fasa tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bias berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.



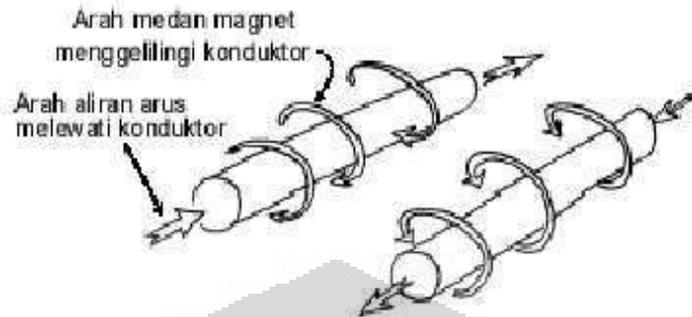
Gambar 2.13 Motor DC sederhana[19]

Motor DC banyak digunakan sebagai penggerak dalam berbagai peralatan, baik kecil maupun besar, lambat maupun cepat. Ia juga banyak dipakai karena dapat disesuaikan untuk secara ideal menerima pulsa digital untuk kendali kecepatan. Cara pengendalian motor DC ini dapat menggunakan metode PWM, ataupun dengan metode pengendalian delay pada pulsanya. Pemilihan cara pengendalian akan tergantung dari kebutuhan terhadap gerakan motor DC itu sendiri.

2.4.2. Prinsip Dasar Kerja Motor DC.

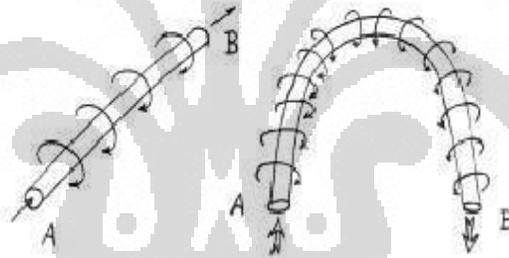
Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor.

Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.



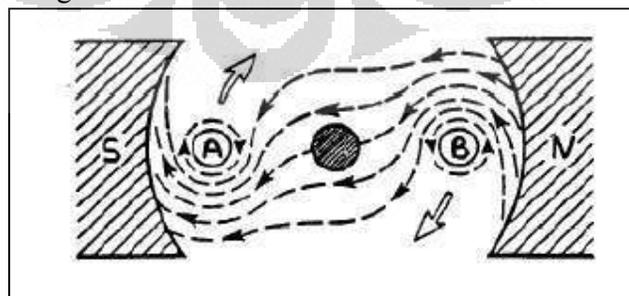
Gambar 2.14. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor[19]

Aturan Genggaman Tangan Kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis fluks di sekitar konduktor. Genggam konduktor dengan tangan kanan dengan jempol mengarah pada arah aliran arus, maka jari-jari anda akan menunjukkan arah garis fluks. Gambar 2.15 menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U.



Gambar 2.15. Medan magnet U yang membawa arus mengelilingi konduktor[19]

Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub. Lihat gambar 2.16.



Gambar 2.16. Reaksi garis fluks[19].

Lingkaran bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (looped conductor). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam.

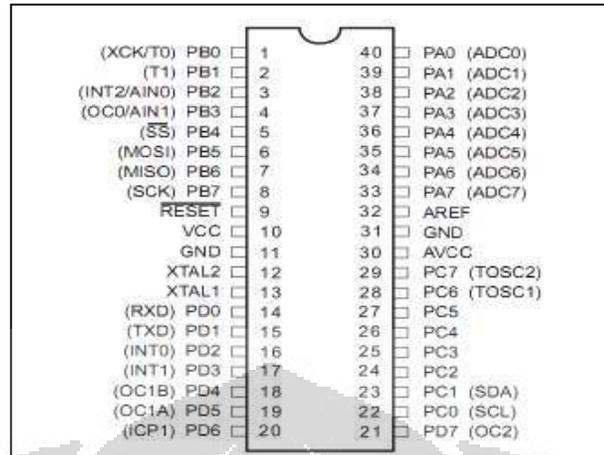
2.5. Power Supply

Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh suplai arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat bekerja dengan baik. Baterai atau accu adalah sumber catu daya DC yang paling baik. Namun untuk aplikasi yang membutuhkan catu daya lebih besar, sumber dari baterai tidak cukup. Sumber catu daya yang besar adalah sumber bolak-balik AC (*alternating current*) dari pembangkit tenaga listrik. Untuk itu diperlukan suatu perangkat catu daya yang dapat mengubah arus AC menjadi DC. Pada tulisan kali ini disajikan prinsip rangkaian catu daya (*power supply*) linier mulai dari rangkaian penyearah yang paling sederhana sampai pada catu daya yang ter-regulasi.

2.6. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu terobosan teknologi mikrokontroler dan mikrokomputer menjadi kebutuhan pasar dan teknologi baru. Sebagai teknologi baru, yaitu teknologi semikonduktor dengan kandungan transistor yang lebih banyak namun hanya membutuhkan ruang kecil serta dapat diproduksi secara massal (dalam jumlah yang banyak) sehingga harga menjadi murah (dibandingkan mikroprosesor). Sebagai kebutuhan pasar, mikrokontroler hadir untuk memenuhi selera industri dan para konsumen akan kebutuhan pada alat-alat bantu dan mainan yang lebih canggih.

Sebagai contoh yang mungkin dapat memberikan gambaran yang jelas dalam penggunaan mikrokontroler adalah pada aplikasi alat ukur tinggi badan otomatis. Umumnya alat ukur tinggi badan masih bersifat manual, dimana pengguna harus menaikkan dan menurunkan sendiri palang atas kepala, dan kemudian membaca penunjukan skalanya. Sementara itu, bagi anak kecil atau orang yang tubuhnya pendek tentu akan kesulitan atau bahkan tidak dapat melakukannya sendiri. Olehkarenanya dengan adanya alat ukur tinggi badan yang berbasis kendali elektronika, orang yang hendak mengetahui tinggi badannya cukup berdiri di depan alat, dan secara otomatis alat tersebut akan mengukur dan menapilkannya pada *display*, yang semua itu bisa diperoleh dari mikrokontroler yang digunakan. Mikrokontroler adalah suatu keping IC dimana terdapat mikroprosesor dan memori program (ROM) serta memori serbaguna (RAM), bahkan ada beberapa jenis mikrokontroler yang memiliki fasilitas ADC, PPL, EEPROM dalam suatu kemasan. Penggunaan mikrokontroler dalam bidang kontrol sangat luas dan populer. Ada beberapa vendor yang membuat mikrokontroler diantaranya Intel Microchip, Winbond, Atmel, Philips, Xemics dan lain-lain buatan Atmel. Mikrokontroler Atmega8535 merupakan generasi AVR (*Alf and Vegard's Risk processor*). Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit, dimana semua instruksi dalam kode 16-bit (16-bit *word*) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus clock. AVR juga dapat menjalankan sebuah instruksi yang berasal dari komponen eksternal (*input*). Mikrokontroler AVR didesain menggunakan arsitektur Harvard, di mana ruang dan jalur data bagi memori program dipisahkan dengan memori data. Memori program diakses dengan single-level pipelining, di mana ketika sebuah instruksi dijalankan, instruksinya akan di-*prefetch* dari memori program.



Gambar 2.17 Kaki-kaki pada ATMEGA8535[4]

Secara garis besar, arsitektur mikrokontroler ATMEGA8535 terdiri dari : [4]

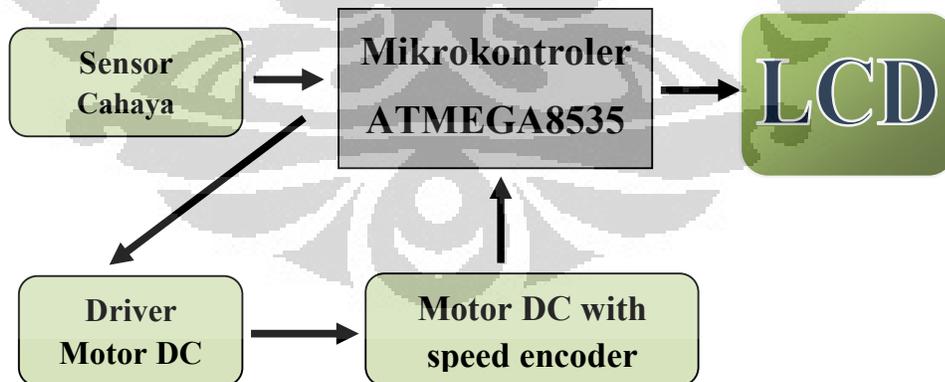
1. 32 saluran I/O (Port A, Port B, Port C, dan Port D)
2. 10 bit 8 Channel ADC (Analog to Digital Converter)
3. 4 channel PWM
4. 6 Sleep Modes : Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
5. 3 buah timer/counter
6. Analog comparator
7. Watchdog timer dengan osilator internal
8. 512 byte SRAM
9. 512 byte EEPROM
10. 8 kb Flash memory dengan kemampuan Read While Write
11. Unit interupsi (internal & eksternal)
12. Port antarmuka SPI8535 “memory map”
13. Port USART untuk komunikasi serial dengan kecepatan maksimal 2,5Mbps
14. 4.5 sampai 5.5V operation, 0 sampai 16MHz

BAB 3 PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana perancangan perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan untuk menyusun sistem pengatur fokus lensa berbasis mikrokontroler. Pada bagian perancangan *hardware* akan dijelaskan bagaimana sistem pengukuran itu dibuat dan akan dijelaskan pula fungsi dari setiap bagian yang dibuat. Pada perancangan *software* nanti akan dijelaskan bagaimana bentuk program yang digunakan untuk membantu dalam proses pengukuran.

3.1. Perangkat Keras (Hardware)

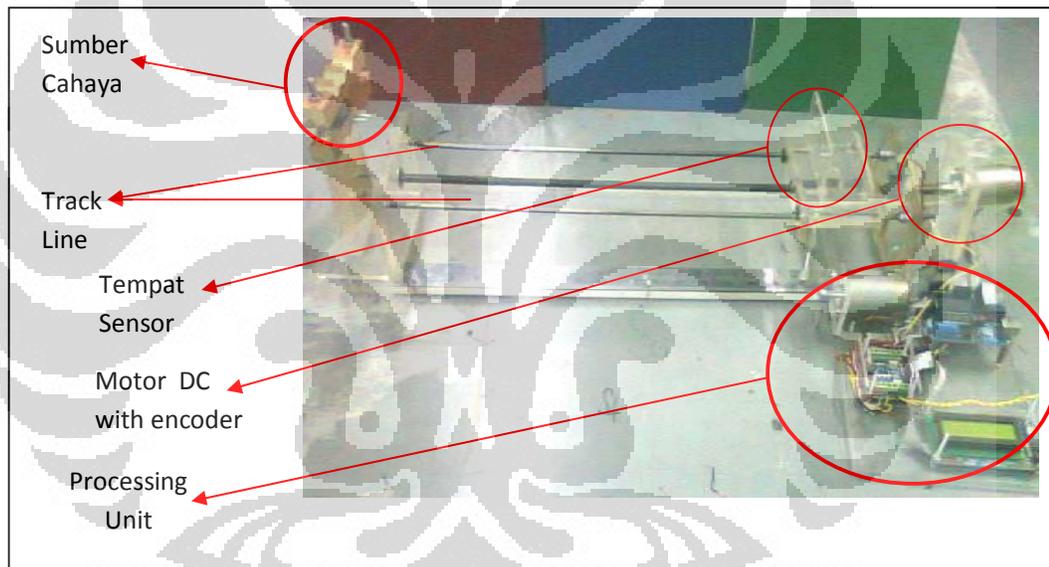
Pada bagian ini akan dijelaskan bagian-bagian perangkat keras beserta fungsi dan cara kerjanya sehingga dapat tercipta suatu sistem pengatur fokus lensa berbasis mikrokontroler. Karena menggunakan sistem otomatisasi pada sistem, maka akan terdapat rangkaian elektronika yang menunjang sistem kerja dari otomatisasi tersebut. Di bawah ini adalah blok diagram yang digunakan dalam perancangan perangkat keras pada pembuatan sistem pengatur fokus lensa berbasis mikrokontroler.



Gambar 3.1. Blok diagram sistem pengukuran.

Gambar 3.1 memperlihatkan bagian blok-blok sistem yang digunakan. Masing-masing blok mempunyai fungsi yang berbeda-beda, penjelasan masing-masing blok diagram diatas akan dijabarkan pada subbab selanjutnya.

Perancangan alat secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 3.2 di bawah ini. Sumber cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah laser dengan panjang gelombang 698 nm. Sumber cahaya tersebut nantinya akan dibiaskan oleh lensa yang terletak antara sumber cahaya dan detektor. Intensitas cahaya dari sumber akan diterima oleh sensor dan diproses oleh mikrokontroler yang nantinya akan dibandingkan dengan data sebelumnya. Ketika mikrokontroler membaca, motor DC juga diaktifkan dan menggerakkan detector maju mendekati sumber cahaya. Selama pergeseran detector maju, putaran yang dihasilkan oleh *rotary encoder* juga dibaca oleh mikrokontroler ini. Setelah mencapai tingkat intensitas tertinggi, maka putaran rotary encoder tersebut akan diolah oleh mikrokontroler menjadi perubahan jarak yang dilakukan oleh detector dan akan ditampilkan pada LCD.



Gambar 3.2. Sistem pengukur fokus lensa berbasis mikrokontroler.

3.1.1. Perancangan Sensor LDR

Pada penelitian ini sensor cahaya yang digunakan adalah sensor dari jenis Light Dependent Resistor. Walaupun perubahan intensitas yang dideteksi oleh sensor ini lebih lambat dibandingkan dengan sensor cahaya yang lain, namun sensor ini memiliki karakteristik yang cukup bagus jika hanya digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya, namun jika untuk mendeteksi warna cahaya maka sensor ini tidak dapat digunakan. Gambar 3.3 memperlihatkan rangkaian LDR yang telah dibuat untuk digunakan sebagai sensor cahaya pada penelitian ini.

Universitas Indonesia



Gambar 3.3 Rangkaian sederhana dari LDR.

Pada gambar 3.3 terlihat ada bagian yang berlubang lebih besar, hal ini bertujuan agar dapat meletakkan sensor ini pada posisi yang tepat dan bisa disesuaikan.

3.1.2. Perancangan Sistem Minimum ATMEGA 8535 serta LCD

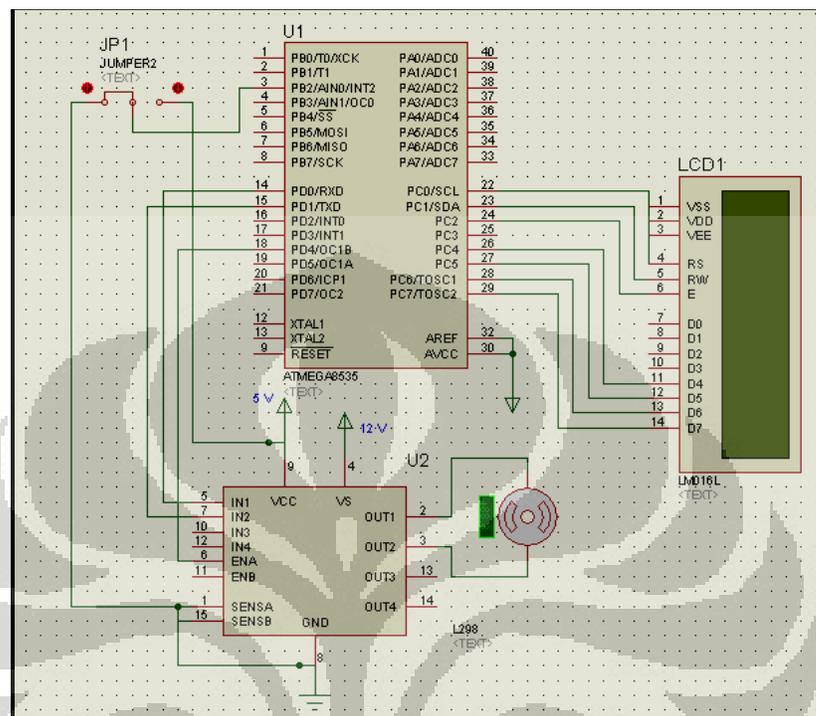
3.1.2.1. Sistem Minimum ATmega 8535

Sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 berfungsi sebagai media komunikasi atau bisa disebut interface dengan unit IO (input/output) dan peralatan lainnya seperti LCD. Sistem minimum ini dilengkapi dengan USB programmer, sehingga untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler melalui programming software bisa dengan menyambungkan kabel USB programmer ke dalam PC. Skema rangkaian sistem minimum mikrokontroler ATmega8535 dapat dilihat pada Gambar 3.4.

Mikrokontroler Atmega8535 merupakan generasi AVR (*Alf and Vegard's Risk processor*). Mikrokontroler AVR memiliki arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit, dimana semua instruksi dalam kode 16-bit (16-bit word) dan sebagian besar instruksi dieksekusi dalam 1 (satu) siklus *clock*. AVR menjalankan sebuah instruksi komponen eksternal dapat dikurangi. Mikrokontroler AVR didesain menggunakan arsitektur Harvard, di mana ruang dan jalur bus bagi memori program dipisahkan dengan memori data. Memori program diakses dengan *single-level pipelining*, di mana ketika sebuah instruksi dijalankan, instruksinya akan di-*prefetch* dari memori program.

Port ATmega8535 yang terdiri dari empat *port* yaitu *port A*, *port B*, *port C*, dan *port D*, dapat dengan mudah kita gunakan karena pada minimum sistemnya sudah terdapat *header male* yang memudahkan kita untuk menghubungkannya dengan rangkaian lain. Setiap port pada minimum sistemnya, selain port IO untuk

menghungkan dengan mikrokontroler, terdapat juga port *ground* dan *Vcc* yang dapat kita gunakan sebagai sumber tegangan.



Gambar 3.4 Skematik minimum sistem ATmega8535

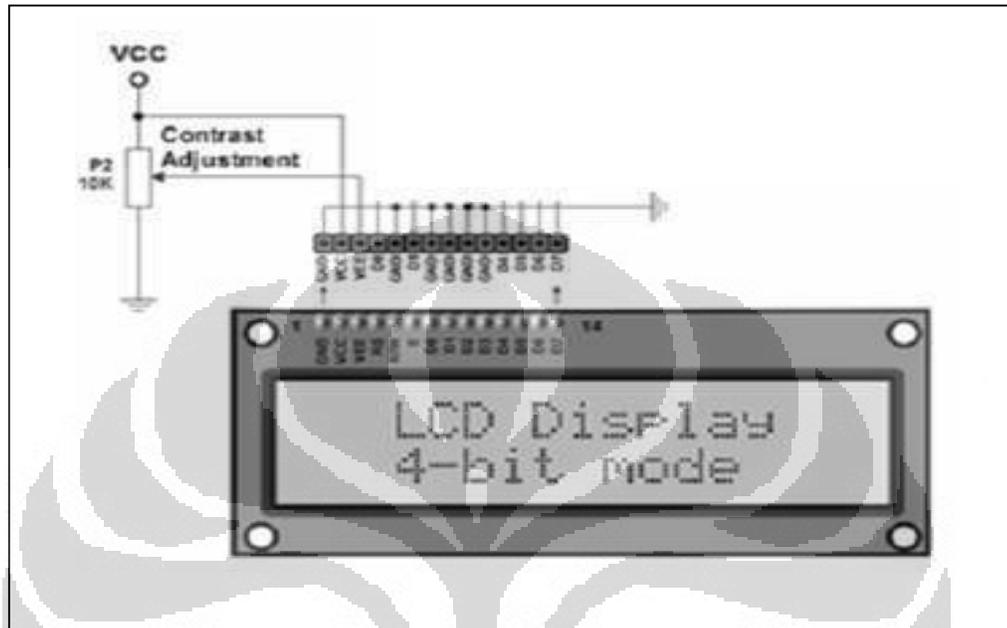
Dalam rangkaian sistem pengatur fokus lensa berbasis mikrokontroler yang dibuat hampir semua *port* pada minimum sistem ATmega8535 digunakan. Untuk mengambil data ADC yang digunakan untuk membaca sensor cahaya fototransistor, penulis membacanya melalui *port* ADC0 (*portA.0*). Sedangkan untuk membaca perubahan jarak yang dalam hal ini diindikasikan sebagai banyaknya putaran motor DC, penulis menggunakan *timer* 1 yang ada pada *port*B.1. Kemudian untuk menampilkan hasil pengolahan data mikrokontroler, digunakan *port*C untuk dihubungkan pada LCD yang dapat menampilkan hasil akhir dari sistem pengatur fokus lensa.

3.1.2.2. LCD

Kegunaan LCD banyak sekali dalam perancangan suatu sistem dengan menggunakan menggunakan mikrokontroler, LCD (*Liquid Crystals Display*) dapat berfungsi untuk menampilkan suatu nilai hasil sensor, menampilkan teks, atau menampilkan menu pada aplikasi mikrokontroler. Mikrokontroler

Universitas Indonesia

atau perangkat tersebut hanya mengirim data-data yang merupakan karakter yang akan ditampilkan pada LCD atau perintah yang mengatur proses tampilan pada LCD saja.



Gambar 3.5. Rancangan Rangkaian LCD

Adapun konfigurasi dan deskripsi dari pin-pin LCD antara lain: [17]

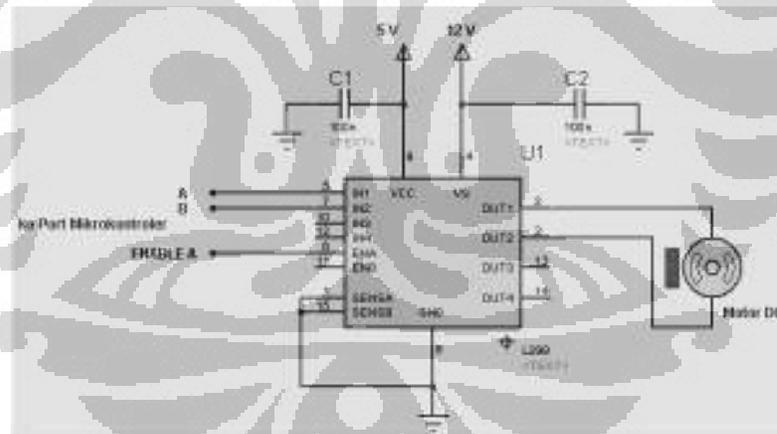
1. Pin 1 dihubungkan ke Gnd.
2. Pin 2 dihubungkan ke Vcc +5V.
3. Pin 3 dihubungkan ke bagian tengah potensiometer 10KOhm sebagai pengatur kontras.
4. Pin 4 untuk memberitahukan LCD bahwa sinyal yang dikirim adalah data, jika Pin 4 ini diset ke logika 1 (high, +5V), atau memberitahukan bahwa sinyal yang dikirim adalah perintah jika pin ini diset ke logika 0.
5. Pin 5 digunakan untuk mengatur fungsi LCD. Jika di set ke logika 1 (high, +5V) maka LCD berfungsi untuk menerima data (membaca data). Dan fungsi untuk mengeluarkan data, jika pin ini di set ke logika 0 (low, 0V). Namun kebanyakan aplikasi hanya digunakan untuk menerima data, sehingga pin 5 ini selalu dihubungkan ke Gnd.
6. Pin 6 adalah terminal enable. Berlogika 1 setiap kali pengiriman atau pembaca data.

7. Pin 7 – Pin 14 adalah data 8 bit data bus (Aplikasi ini menggunakan 4 bit MSB saja, sehingga pin data yang digunakan hanya Pin 11 – Pin 14).
8. Pin 15 dan Pin 16 adalah tegangan untuk menyalakan lampu LCD.

3.1.3. Perancangan Driver Motor DC

Rangkaian driver motor yang digunakan disini adalah IC dengan tipe L298. Pada bagian input dari driver dihubungkan ke dalam mikrokontroler untuk menggerakkan motor dengan memberikan logika 0 (low) atau 1 (high) pada kaki input tersebut. Putaran motor disini bergantung pada input yang diberikan mikrokontroler.

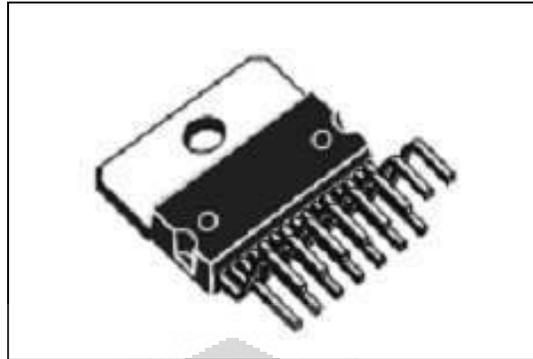
Rangkaian driver motor berfungsi untuk mengendalikan dan menggerakkan motor dengan input yang berasal dari mikrokontroler. Jika tidak menggunakan rangkaian driver ini maka input yang berasal dari mikrokontroler tidak akan mampu memutar motor dikarenakan terlalu kecil arusnya. Keunggulan dari driver ini adalah bisa menggerakkan dua motor sekaligus karena terdapat 4 buah input yang masing-masing (2 input) masuk ke salah satu motor.



Gambar 3.6. Perancangan *Driver motor DC*

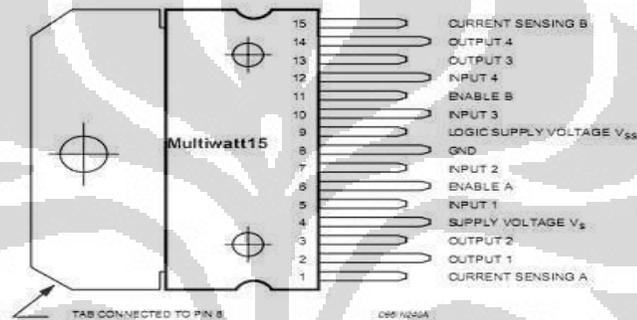
Selain itu kelebihanannya diantaranya : [15].

- ✓ Tegangan maksimum hingga 46 V.
- ✓ Total arus hingga 4 A.
- ✓ Saturasinya rendah.
- ✓ Melindungi dari pengaruh suhu tinggi.



Gambar 3.7 Bentuk Driver Motor Tipe L298 [15]

Berikut ini penggambaran kaki-kaki pin dari driver motor tipe L298 :



Gambar 3.8 Pin Kaki Driver Motor Tipe L298 [15]

3.1.4. Perancangan Motor DC with Rotary Encoder[5]

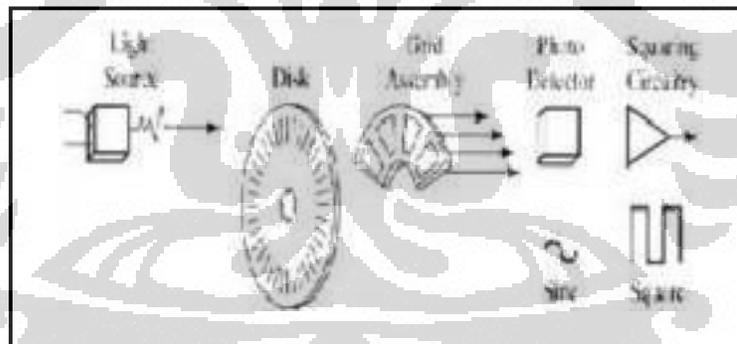
Motor dc yang digunakan pada sistem pengatur fokus lensa berbasis mikrokontroler ini adalah yang didalamnya sudah terdapat *rotary encoder*. Pada sistem ini, sensor LDR yang dalam hal ini berfungsi sebagai layar untuk menangkap cahaya hasil pembiasan, digerakkan oleh *motor DC* untuk kemudian dibaca seberapa besar jarak antara sensor dengan lensa. Untuk membaca perubahan jarak tersebut, maka digunakanlah *rotary encoder* untuk mengetahui putaran *motor DC* yang nantinya akan di konversi menjadi perubahan jarak.

Rotary encoder adalah divais elektromekanik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Rotary encoder umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Sehingga posisi sudut suatu poros benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa

kode digital oleh *rotary encoder* untuk diteruskan oleh rangkaian kendali. *Rotary encoder* umumnya digunakan pada pengendalian robot, *motor drive*, dsb.

Rotary encoder tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang pada bagian lingkaran piringan. LED ditempatkan pada salah satu sisi piringan sehingga cahaya akan menuju ke piringan. Di sisi yang lain suatu *photo-transistor* diletakkan sehingga *photo-transistor* ini dapat mendeteksi cahaya dari LED yang berseberangan. Piringan tipis tadi dikopel dengan poros motor, atau divais berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, sehingga ketika motor berputar piringan juga akan ikut berputar.

Apabila posisi piringan mengakibatkan cahaya dari LED dapat mencapai *photo-transistor* melalui lubang-lubang yang ada, maka *photo-transistor* akan mengalami saturasi dan akan menghasilkan suatu pulsa gelombang persegi. Gambar 3.6 menunjukkan bagan skematik sederhana dari *rotary encoder*. Semakin banyak deretan pulsa yang dihasilkan pada satu putaran menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut, akibatnya semakin banyak jumlah lubang yang dapat dibuat pada piringan menentukan akurasi *rotary encoder* tersebut.

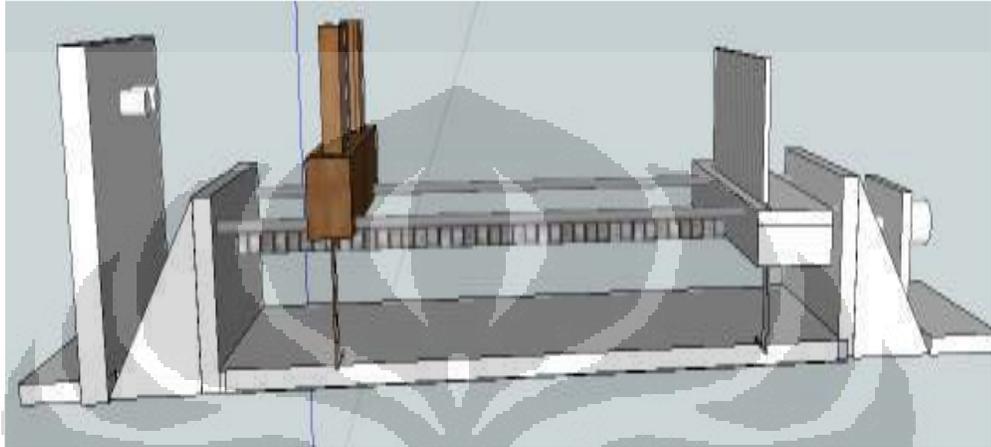


Gambar 3.9. Blok penyusun *rotary encoder*. [5]

3.1.5. Perancangan Mekanik

Untuk mendapatkan hasil pembiasan yang fokus, dibutuhkan sensor cahaya yang berfungsi untuk mengetahui tingkat intensitas cahaya yang dideteksinya. Agar mendapat intensitas cahaya yang paling besar atau dalam hal ini berarti cahaya yang sudah fokus, perlu disesuaikan jarak antara sumber cahaya, lensa, dan detektornya. Untuk merealisasikannya maka dibuat suatu konstruksi mekanik dimana nantinya sensor dibuat bergerak maju atau mundur. Untuk

menggerakkan dan memindahkan sensornya digunakan batang ulir dan *motor* DC. Pada batang ulir tersebut diletakkan tempat untuk sensornya yang telah di drat. Bila batang ulir tersebut berputar maka sensor akan berpindah sesuai dengan arah putaran dari batang ulir. Batang ulir tersebut terhubung dengan *motor* DC pada bagian ujungnya.



Gambar 3.10. Sketsa sistem pengukur fokus lensa berbasis mikrokontroler

3.2. Perangkat Lunak (*Software*)

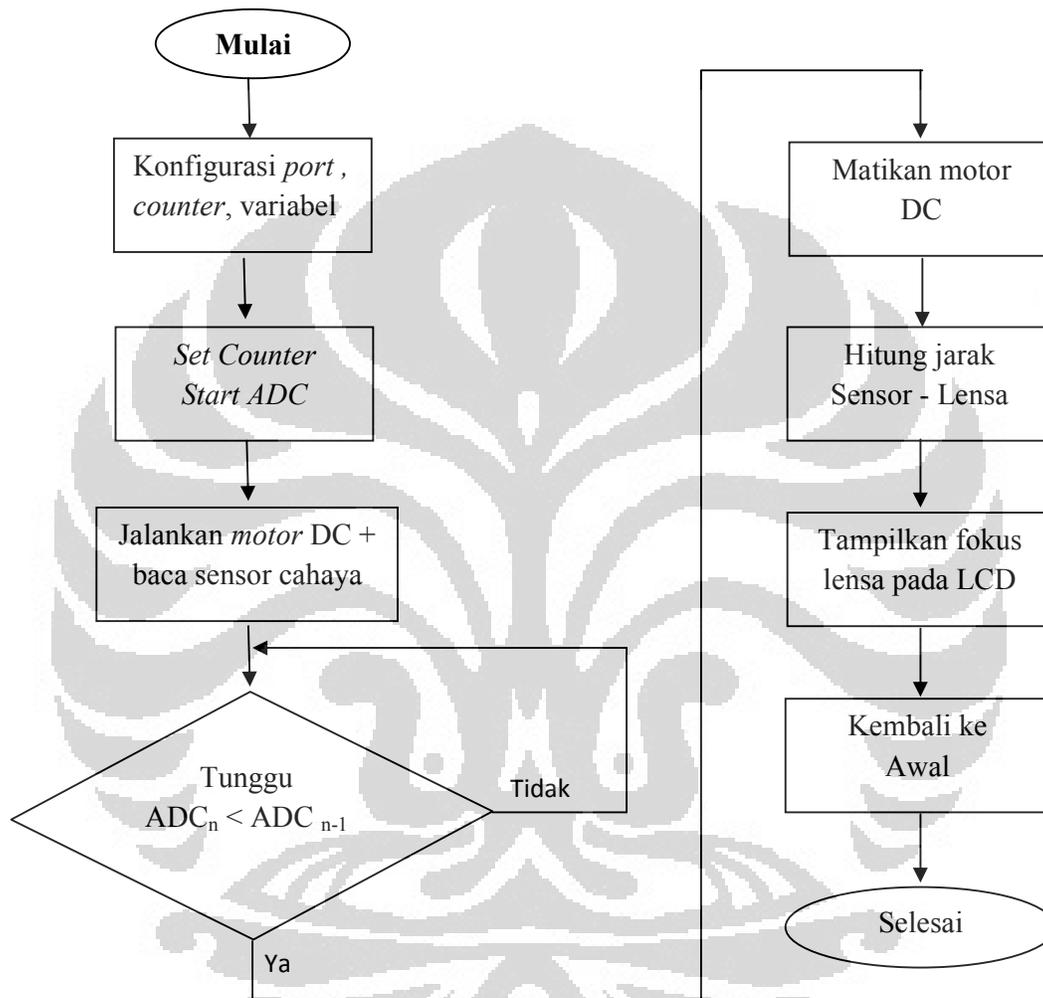
Program yang dirancang disini bertujuan untuk mendapatkan jarak antara lensa terhadap posisi sensor. Program utama disini adalah program pembacaan hasil intensitas cahaya dari sensor yang menggunakan ADC serta program untuk menggerakkan *motor* DC untuk menggeser posisi sensor dari sumber pengukuran. Kedua program tersebut digabungkan sehingga akan didapat suatu pemrograman otomatis untuk membaca besar fokus lensa.

Isi program tersebut diantaranya adalah :

1. Konfigurasi Port yang digunakan untuk ADC serta driver motor yang digunakan.
2. Konfigurasi pin LCD .
3. Konfigurasi komunikasi SPI.
4. Konfigurasi variabel yang digunakan
5. Konversi ADC 10 bit.
6. Mendapatkan perubahan posisi sensor dari counter.
7. Perhitungan besar fokus lensa.

8. Tampilkan hasil perhitungan besar fokus lensa, jarak lensa ke sumber, serta jarak lensa ke sensor pada LCD.

Secara umum *flowchart* programnya adalah seperti gambar 3.11 di bawah ini.



Gambar 3.11. *Flowchart* program pengukur fokus lensa.

BAB 4

ANALISIS HASIL PENELITIAN

Pada bab 4 ini akan dibahas mengenai beberapa pengujian dan analisa pada sistem pengukuran yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan sistem yang akan dibuat. Alat yang akan diuji adalah sistem ADC yang terdapat pada mikrokontroler, respon phototransistor pada intensitas cahaya.

4.1. Analisis Kalibrasi Data ADC

Percobaan dilakukan dengan melakukan kalibrasi ADC pada mikrokontroler ATMEGA 8535. Port ADC.1 pada mikrokontroler dihubungkan pada pembagi tegangan potensiometer yang dihubungkan pada sumber yang dalam hal ini adalah output dari mikrokontroler itu sendiri 0 - 4.29 Volt. Kenaikan tegangan yang diberikan pada mikrokontroler akan menaikkan bilangan ADC yang dibaca oleh mikrokontroler dan ditampilkan melalui LCD 16x2 buatan Depok Instrument. Selain dihubungkan pada mikrokontroler, output dari potensio juga dihubungkan ke Multimeter Digital buatan Sanwa. Hubungan antara tegangan dan ADC dapat dilihat pada table 4.1 dibawah ini.

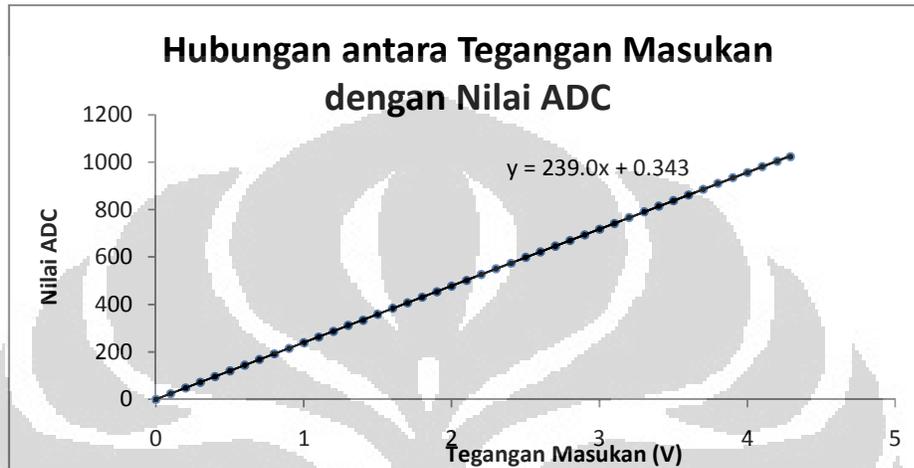
Tabel 4.1. Hubungan antara tegangan dengan nilai ADC pada mikrokontroler.

| Input Tegangan (V) | Data Desimal | Tampilan LCD (V) |
|--------------------|--------------|------------------|
| 0 | 0 | 0.00 |
| 0.10 | 24 | 0.10 |
| 0.20 | 48 | 0.20 |
| 0.30 | 72 | 0.30 |
| 0.40 | 96 | 0.40 |
| 0.50 | 120 | 0.50 |
| 0.60 | 144 | 0.60 |
| 0.70 | 168 | 0.70 |
| 0.80 | 192 | 0.80 |
| 0.90 | 215 | 0.90 |
| 1.00 | 239 | 1.00 |
| 1.10 | 263 | 1.10 |
| 1.20 | 287 | 1.20 |

| Input Tegangan (V) | Data Desimal | Tampilan LCD (V) |
|--------------------|--------------|------------------|
| 1.30 | 312 | 1.31 |
| 1.40 | 334 | 1.40 |
| 1.50 | 359 | 1.51 |
| 1.60 | 384 | 1.61 |
| 1.70 | 407 | 1.71 |
| 1.80 | 431 | 1.81 |
| 1.90 | 453 | 1.90 |
| 2.00 | 478 | 2.00 |
| 2.10 | 502 | 2.11 |
| 2.20 | 527 | 2.21 |
| 2.30 | 551 | 2.31 |
| 2.40 | 574 | 2.41 |
| 2.50 | 599 | 2.51 |
| 2.60 | 622 | 2.61 |
| 2.70 | 646 | 2.71 |
| 2.80 | 669 | 2.81 |
| 2.90 | 693 | 2.91 |
| 3.00 | 717 | 3.01 |
| 3.10 | 741 | 3.11 |
| 3.20 | 766 | 3.21 |
| 3.30 | 790 | 3.31 |
| 3.40 | 814 | 3.41 |
| 3.50 | 837 | 3.51 |
| 3.60 | 861 | 3.61 |
| 3.70 | 885 | 3.71 |
| 3.80 | 910 | 3.82 |
| 3.90 | 934 | 3.92 |
| 4.00 | 956 | 4.01 |
| 4.10 | 981 | 4.11 |
| 4.20 | 1004 | 4.21 |
| 4.29 | 1023 | 4.29 |

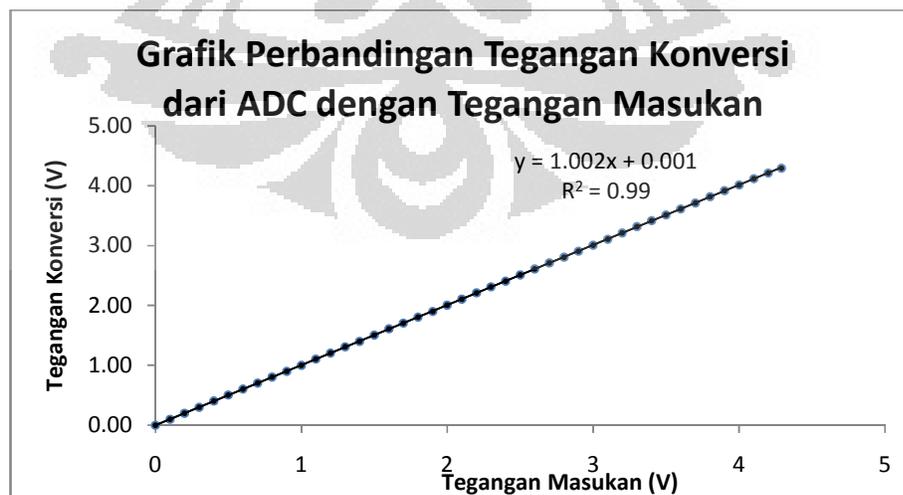
Konfigurasi *ADC* yang digunakan pada mikrokontroler ATmega8535 adalah 10 bit, yang berarti nilai desimal maksimal yang akan ditampilkan oleh *LCD* adalah 1023. Pada penelitian ini sebenarnya tidak dibutuhkan nilai tegangan yang akan dihasilkan oleh sensor cahaya, namun untuk kepentingan apakah *ADC* pada mikrokontroler sudah berjalan dengan benar, maka dibutuhkan proses kalibrasi

nilai *ADC*. Pada penelitian ini, nilai *ADC* yang dihasilkan oleh sensor tidak dikonversi kedalam nilai tegangan, namun hanya dibandingkan saja apakah nilai *ADC* yang berikutnya lebih kecil dari *ADC* sebelumnya, ataukah lebih besar. Jika nilai *ADC* yang terdeteksi sudah lebih besar, maka data sebelumnya menunjukkan bahwa sinar sudah mencapai tingkat intensitas paling tinggi.



Gambar 4.1. Grafik hubungan tegangan *input* dengan ADC

Kemudian untuk membandingkan tegangan masukan yang terbaca pada multimeter dengan yang terbaca pada LCD, maka ditambahkan program untuk konversi data ADC ke nilai tegangan pada BASCOM. Dengan membagi nilai ADC dengan 1024 kemudian hasil tersebut dikalikan dengan nilai tegangan maksimal yakni 4.29 Volt, maka akan didapat tegangan konversinya. Hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.1 dan korelasinya pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Respon tegangan konversi terhadap tegangan masukan ADC.

Dari data adc yang didapatkan dari proses kalibrasi tersebut, dapat terlihat pada grafik bahwa hubungan antara tegangan dan adc adalah linier. Hal ini menunjukkan bahwa adc yang terdapat pada mikrokontroler ATmega8535 masih berfungsi dengan baik untuk mengukur beda potensial dari sensor yang akan digunakan.

4.2. Analisis Data Kalibrasi Putaran Motor DC

Percobaan ini dilakukan pada saat motor dc blom dipasang pada sistem pengatur fokus lensa berbasis mikrokontroler. Percobaan dilakukan dengan cara memberikan input tegangan pada motor dc dan diamati arus yang mengalir pada motor dc tersebut. Kemudian untuk mengukur berapakah besar perpindahan sensor terhadap putaran motor, maka dilakukan 1 kali putaran pada motor, dan diamati besar perpindahannya. Perpindahannya diamati dengan menggunakan penggaris. Sedangkan untuk mengamati putaran motor, maka pada poros motor dipasang ikatikan kabel tunggal yang berfungsi sebagai “jarum”, jika sudah kembali pada titik semula, itu berarti motor sudah melakukan satu kali putaran. Jumlah counter 1 kali putaran diamati dengan menggunakan rotary encoder yang terdapat dalam *motor dc*, menggunakan program yang didownload ke dalam mikrokontroler dan ditampilkan pada *LCD*, nilai *LCD* yang ditampilkan sebesar 116.

Tabel 4.2. Keterangan *motor DC* yang digunakan.

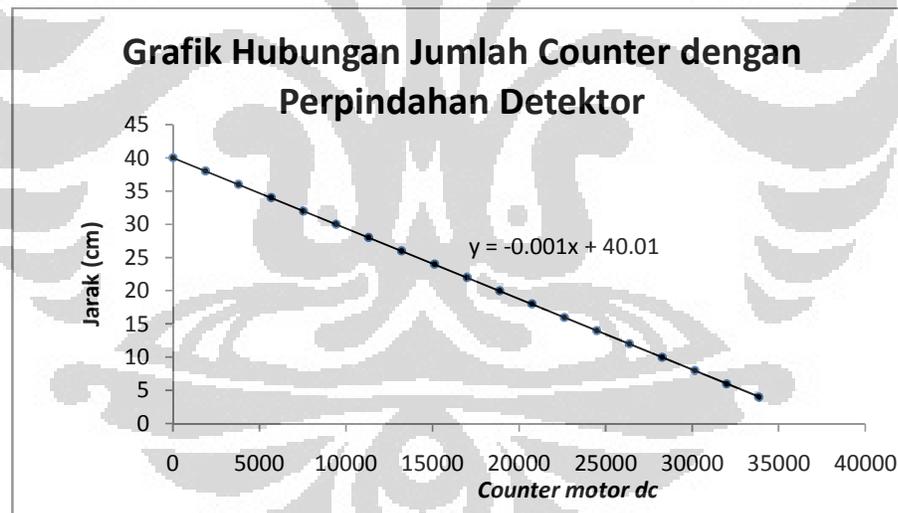
| | |
|-----------------------|---------------|
| Tegangan Input | 5 – 12 Volt |
| Arus | 55 – 60 mA |
| Putaran | 116 / putaran |

Motor DC yang digunakan berfungsi untuk memutar besi ulir yang akan menggeser sensor yang sebelumnya telah terhubung dengan besi ulir tersebut. Selain untuk menggerakkan sensor motor DC tersebut juga digunakan untuk menghitung putaran motor dc, karena pada bagian dalam motor dc terdapat rotary encoder dengan prinsip kerja *optocoupler*. Untuk mengetahui hubungan antara putaran motor dengan perpindahan sensor, maka dilakukan pengambilan data antara perubahan jarak detektor dengan jumlah counter yang dilakukan oleh motor dc, data pengamatan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Hubungan perpindahan detektor dengan putaran *motor dc*.

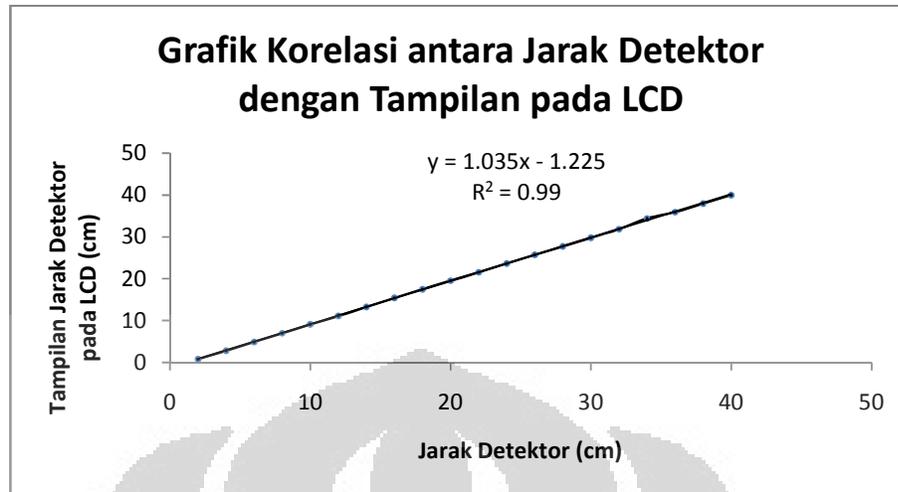
| Jarak Detektor (cm) | Counter | Jarak Detektor (cm) | Counter |
|---------------------|---------|---------------------|---------|
| 40 | 0 | 20 | 18866 |
| 38 | 1869 | 18 | 20734 |
| 36 | 3775 | 16 | 22612 |
| 34 | 5661 | 14 | 24483 |
| 32 | 7536 | 12 | 26376 |
| 30 | 9430 | 10 | 28266 |
| 28 | 11306 | 8 | 30148 |
| 26 | 13201 | 6 | 31989 |
| 24 | 15109 | 4 | 33843 |
| 22 | 16997 | 2 | 35695 |

Data kalibrasi diambil dari jarak terjauh dari sumber dikarenakan *default* dari detector awalnya adalah dari titik terjauh dari sumber cahaya yakni 40 cm. Persamaan yang didapat dari gambar 4.3 akan digunakan untuk mengukur perpindahan dari sensor pendeteksi fokus cahaya.



Gambar 4.3 Relasi counter motor DC dengan perpindahan detektor.

Dari data kalibrasi di atas, maka didapat bahwa jika sensor bergerak sejauh 1 milimeter, maka counter akan menghitung ± 94 kali counter. Jumlah tersebut bukan berarti bahwa 1 putaran sama dengan 94 kali counter. Karena besi ulir yang digunakan 1 kali putaran akan bergeser sejauh 1,25 milimeter jadi jumlah counter yang dihasilkan tiap millimeter adalah 94 bukan 116.



Gambar 4.4 Respon jarak konversi terhadap jarak detektor sebenarnya.

Dengan menggunakan keterangan tersebut, maka kita dapat menghitung berapa perpindahan sensor dengan memasukkan berupa counter dari rotary encoder. Korelasi antara jarak perpindahan detektor sebenarnya dengan jarak yang dihitung oleh LCD terlihat pada gambar 4.4.

4.3. Pengukuran Panjang Fokus Lensa dengan Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Berbasis Mikrokontroler Lensa

Panjang fokus lensa merupakan jarak lensa pada suatu titik dimana semua cahaya yang melalui lensa cembung tersebut akan dibiaskan menuju satu titik tersebut. Untuk mengetahui berapakah panjang fokus suatu lensa, maka digunakan sensor cahaya untuk mendeteksi tingkat intensitas cahaya yang diterima oleh sensor tersebut. Cahaya yang ditembakkan ke lensa akan dibiaskan oleh lensa dan diterima oleh sensor yang kemudian intensitas cahaya yang diterimanya akan diubah ke dalam besaran tegangan. Perubahan tegangan pada sensor menandakan perubahan tingkat intensitas cahaya yang diterimanya.

Pada penelitian digunakan sensor cahaya yang digunakan adalah LDR, karena cahaya yang akan dideteksi hanya satu warna saja, dan yang dilihat hanya terang gelapnya saja. Sensor cahaya tersebut dihubungkan dengan sumber tegangan Vcc dari ATmega 8535 untuk memudahkan pembacaan ADC pada sensor tersebut. Data yang diambil dilakukan sampai 5 kali pengulangan dengan variasi nilai

offset ADC sebesar 5, 10, 15, dan 20 pada program yang digunakan. Hasil pengukuran dari sistem pengukur fokus lensa seperti terlihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Panjang Fokus Lensa 5 cm.

| Variasi Offset | Fokus Lensa (mm) | Fokus Lensa Pengukuran (mm) | Error (%) |
|----------------|------------------|-----------------------------|-----------|
| 5 | 50 | 224 | 348 |
| 10 | | 47.1 | 5.8 |
| 15 | | 46.7 | 6.6 |
| 20 | | 46.4 | 7.2 |

Dari tabel 4.4 di atas, maka dapat kita lihat bahwa nilai error yang paling kecil dari percobaan adalah dengan nilai ADC offset sebesar 10. Dengan tingkat akurasi sebesar 94,2 %. Namun pada nilai variasi ADC offset sebesar 5, error pada percobaan sangat tinggi. Hal ini dikarenakan nilai perubahan ADC yang dibaca oleh mikrokontroler melebihi 5 desimal. Ketika sensor baru bergerak, maka program sudah mengidentifikasi bahwa nilai ADC saat itu sudah lebih dari 5 maka sensor akan berhenti dan membaca jarak tersebut adalah jarak fokus dari lensa. Maka variasi offset nilai ADC sebesar 5 tidak dapat digunakan untuk mengukur fokus lensa 50 mm.

Tabel 4.5 Hasil Pengukuran Panjang Fokus Lensa 10 cm.

| Variasi Offset | Fokus Lensa (mm) | Fokus Lensa Pengukuran (mm) | Error (%) |
|----------------|------------------|-----------------------------|-----------|
| 5 | 100 | 107 | 6.6 |
| 10 | | 105 | 4.8 |
| 15 | | 110 | 9.5 |
| 20 | | 109 | 8.8 |

Dari tabel 4.5 di atas, maka dapat kita lihat bahwa nilai error yang paling kecil dari percobaan adalah dengan nilai ADC offset sebesar 10. Dengan tingkat akurasi sebesar 95,2 %. Berbeda dengan data pada lensa 50 mm, ketika menggunakan lensa 100 mm, pada nilai variasi offset ADC sebesar 5, alat ini mampu membaca panjang fokus dengan cukup baik. Hal ini dikarenakan, ketika menggunakan lensa dengan panjang fokus 100 mm, detektor sudah mampu menangkap sedikit cahaya yang dibiarkan disbanding lensa dengan panjang fokus 50 mm.

Tabel 4.6 Hasil Pengukuran Panjang Fokus Lensa 15 cm.

| Variasi Offset | Fokus Lensa (mm) | Fokus Lensa Pengukuran (mm) | Error (%) |
|----------------|------------------|-----------------------------|-----------|
| 5 | 150 | 145.2 | 3.2 |
| 10 | | 151.4 | 0.9 |
| 15 | | 151.2 | 0.8 |
| 20 | | 151.4 | 0.9 |

Dari tabel 4.6 di atas, maka dapat kita lihat bahwa nilai error yang paling kecil dari percobaan adalah dengan nilai ADC offset sebesar 15. Dengan tingkat akurasi sebesar 99,2 %. Hal ini menunjukkan bahwa alat ini maksimal digunakan untuk mengukur fokus lensa 150 mm. Namun terjadi perbedaan nilai yang cukup terlihat pada variasi nilai offset adc sebesar 5. Hal tersebut dikarenakan perubahan adc melebihi 5 desimal ketika mendekati sumber.

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Panjang Fokus Lensa 30 cm.

| Variasi Offset | Fokus Lensa (mm) | Fokus Lensa Pengukuran (mm) | Error (%) |
|----------------|------------------|-----------------------------|-----------|
| 5 | 300 | 341.1 | 13.7 |
| 10 | | 253.4 | 15.5 |
| 15 | | 253.4 | 15.5 |
| 20 | | 252.9 | 15.7 |

Dari tabel 4.7 di atas, maka dapat kita lihat bahwa nilai error yang paling kecil dari percobaan adalah dengan nilai ADC offset sebesar 5. Dengan tingkat akurasi sebesar 87,3 %. Hal ini dikarenakan titik fokus lensa sangat dekat dengan posisi awal dari detektor. Sehingga dari awal dijalankannya sistem pengukur fokus lensa ini, detektor sudah menangkap cahaya dengan intensitas yang mendekati titik fokus. Solusinya adalah dengan menjauhkan lagi posisi awal dari detektor.

Tabel 4.8 Rekap Hasil Pengukuran Panjang Fokus Lensa

| Variasi offset | 5 | 10 | 15 | 20 |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Fokus Lensa (mm) | Fokus (mm) | Fokus (mm) | Fokus (mm) | Fokus (mm) |
| 50 | 224 ± 18.84 | 47.1 ± 0.76 | 46.6 ± 1.23 | 46.4 ± 0.81 |
| 100 | 106.6 ± 2.06 | 104.8 ± 0.43 | 109.5 ± 0.38 | 108.8 ± 0.7 |
| 150 | 141.4 ± 9.14 | 150.6 ± 1.74 | 151.1 ± 1.33 | 151.4 ± 0.98 |
| 300 | 341.1 ± 25.5 | 253.4 ± 1.03 | 253.4 ± 0.9 | 252.9 ± 0.5 |

Pengambilan data dilakukan pada ruangan gelap sehingga cahaya yang diterima oleh sensor murni berasal dari hasil pembiasan cahaya, bukan dari lingkungan sekitar. Data variasi offset digunakan pada program yang ditampilkan pada gambar 4.5 dilakukan untuk mencegah fluktuatif data ADC yang berasal dari sensor.

```

While A1 < A2
  M1 = Counter1
  A2 = A1 + 5
  A1 = Getadc(1)
Cls
Lcd " deteksi kontras"
Lowerline
Lcd A1 ; " " ; M1
Waitms 200
Wend

```

Gambar 4.5 Sepotong program inti pembacaan panjang fokus lensa.

Program yang ditampilkan di atas adalah perintah untuk menunggu sampai mencapai titik fokus, baru dibaca berpindah perindahan jarak yang dilakukan oleh sensor. Untuk lebih jelasnya lagi program sistem pengukur fokus lensa dapat dilihat pada lempiran.

Dari tabel yang berisikan informasi nilai error pada pengamatan, dapat terlihat bahwa variasi yang paling baik digunakan adalah dengan variasi 10. Namun Jika melihat dari nilai deviasi rata-rata yang tertera di dalam tabel 4.8, maka dapat disimpulkan alat yang telah dibuat cukup presisi pada nilai variasi offset ADC sebesar 20.

Faktor kesalahan yang mungkin adalah terjadinya kesalahan paralaks pada saat mengkalibrasi jarak lensa dan juga jarak awal sensor. Fluktuatif ADC juga dapat menyebabkan detector langsung berhenti membaca begitu terjadi perubahan ADC yang melebihi nilai desimal dari ADC sebelumnya tergantung programnya.

Penempatan antara sumber cahaya, lensa, dan juga detector harus benar-benar terletak pada satu garis yang lurus dan juga pada sumbu utama. Pada bagian ini merupakan langkah yang paling sulit dalam pembuatan sistem pengukur fokus lensa, karena jika tidak terletak pada satu garis maka proses pembiasan cahaya sangat mungkin untuk terjadi kesalahan. Selain itu, sensor yang digunakan juga harus mempunyai tingkat sensitifitas dan kelinearitasan yang tinggi untuk mendapatkan hasil dengan nilai error yang kecil.

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Perubahan 1 milimeter pada detektor sama dengan perubahan nilai counter pada rotary encoder motor DC sebesar 94.
2. Variasi offset pada program diperlukan untuk mengantisipasi terjadinya perubahan fluktuasi nilai ADC.
3. Variasi offset yang baik digunakan dalam sistem pengukur fokus lensa ini adalah 20.
4. Alat yang telah dibuat sudah presisi dengan nilai deviasi kurang dari 1 milimeter.
5. Alat yang telah dibuat memiliki tingkat akurasi rata-rata sebesar 91.86 %.
6. Faktor pengkalibrasian mempengaruhi hasil pengukuran.

5.2 Saran

1. Studi lebih lanjut diperlukan agar alat yang dirancang dapat mendeteksi fokus lensa cekung dan dapat digunakan secara global.
2. Menambahkan kontroler yang dapat menyesuaikan posisi lensa.
3. Mendesain alat agar lebih kecil lagi dan dapat dipindahkan kemana saja (portable).

DAFTAR ACUAN

- [1] Glazebrook, R.T, & Shaw, W.N. *Practical Physics*. 1886. Demonstrators at The Cavendish Laboratory, Cambridge.
- [2] Barret, S. F., & Pack, D. J. (2008). *Atmel AVR Microcontroller Primer: Programming and Interfacing*. Laramie and Colorado: Morgan & Claypool Publisher.
- [3] Supatmi, Sri. (2011, Mei 12). Pengaruh sensor LDR terhadap pengontrolan lampu. *Majalah Ilmiah UNIKOM*, 175 - 176.
- [4] ATMEL. *8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash ATmega8535*. 16 Oktober 2011.
<http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2502.pdf>
- [5] Laboratorium Penelitian Konversi Energi Elektrik ITB. *Sekilas Rotary Encoder*. Bandung : ITB Press, 2009.
- [6] Fernando Briz, et al. *Speed Measurement Using Rotary Encoder for High Performance ac Drives*. IEEE Trans
- [7] Zhang, Yani., Zhang, Ying., dan Wen, Changyun. "A new focus measure method using moments". *Image and Vision Computing* 18 (2000) 959–965
- [8] http://www.focusnusantara.com/articles/memahami_prinsip_auto_fokus_pada_kamera.php [28 Juli 2011]
- [9] <http://sidikpurnomo.net/pembelajarafisika/alat-alat-optik> [25 September 2011]
- [10] <http://www.anakunhas.com/2011/05/fungsi-otot-siliar-pada-mata.html> [26 September 2011]
- [11] <http://hisdearsheep.blogspot.com/2010/10/dioda-fotodioda.html> [26 September 2011]
- [12] <http://fisikasma-online.blogspot.com/2010/04/pembiasan-cahaya-pada-lensa-cembung.html> [13 Oktober 2011]
- [13] National Semiconductor.(November 1994). *LM79XX Series 3-Terminal Negative Regulators*. <http://www.national.com/ds/LM/LM7905.pdf>

- [14] National Semiconductor. May 2000. *LM78XX Series Voltage Regulators*.
18 Oktober 2011. <http://www.national.com/ds/LM/LM340.pdf>
- [15] STMicroelectronics. January 2000. *L298 Dual Full-Bridge Driver*.
20 Oktober 2011.
http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000240.pdf
- [16] http://klinik_robot.indonetwork.co.id/830210/ma-8535-usb-mikroavr-atmega-8535-kompatibel-windows-xp.htm [25 September 2011]
- [17] Innovative Electronics. 2009. *EMS (Embedded Module Series) LCD Display*. 20 Juli 2011.
http://www.innovativeelectronics.com/innovative_electronics/download_files/manual/Manual%20EMS%20LCD%20Display.pdf
- [18] www.yohanessurya.com/download/penulis/Teknologi_18.pdf
[4 Oktober 2011]
- [19] <http://staff.ui.ac.id/internal/040603019/material/DCMotorPaperandQA.pdf>
[22 Oktober 2011]
- [20] <http://www.directindustry.com/prod/perkinelmer-optoelectronics/phototransistors-34491-397088.html> [10 September 2011]
- [21] <http://my-diaryzone.blogspot.com/2010/04/lensa-adalah-benda-atau-material.html> [11 Oktober 2011]

Lampiran 1.

Hasil Pengukuran Sistem Pengukur Fokus Lensa berbasis Mikrokontroler.
Panjang Fokus Lensa 50 mm dan 100 mm

| Variasi Offset | | +5 | +10 | +15 | +20 |
|----------------|------------------|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Pengulangan | Fokus Lensa (mm) | Jarak Lensa (mm) | Fokus Percobaan (mm) | Fokus Percobaan (mm) | Fokus Percobaan (mm) |
| 1 | 50 | 100 | 254 | 48.1 | 47.2 |
| 2 | 50 | 100 | 238 | 47.3 | 46.2 |
| 3 | 50 | 100 | 200.7 | 45.2 | 45.8 |
| 4 | 50 | 100 | 227.1 | 47.4 | 45.3 |
| 5 | 50 | 100 | 200.2 | 47.5 | 47.7 |
| Rata - rata | | | 224 | 47.1 | 46.66 |
| Error (%) | | | 3.48 | 5.8 | 6.68 |
| 1 | 100 | 70 | 110 | 104 | 108 |
| 2 | 100 | 70 | 108 | 104 | 110 |
| 3 | 100 | 70 | 104 | 105 | 109 |
| 4 | 100 | 70 | 105 | 105 | 108 |
| 5 | 100 | 70 | 106 | 105 | 108 |
| Rata - rata | | | 106.586 | 104.814 | 109.536 |
| Error (%) | | | 6.59 | 4.81 | 9.54 |
| | | | | | 108.75 |
| | | | | | 8.75 |

(lanjutan)

**Hasil Pengukuran Sistem Pengukur Fokus Lensa berbasis Mikrokontroler.
Panjang Fokus Lensa 150 mm dan 300 mm**

| Peneulangan | Variasi Offset | | Jarak Lensa (mm) | +5 | +10 | +15 | +20 |
|--------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Fokus Lensa (mm) | Fokus Percobaan (mm) | | | | | |
| 1 | 150 | 100 | 100 | 136.1 | 151.2 | 151.4 | 151.2 |
| 2 | 150 | 100 | 100 | 123.9 | 148.1 | 152.3 | 152.4 |
| 3 | 150 | 100 | 100 | 148.5 | 148.7 | 150.5 | 152.8 |
| 4 | 150 | 100 | 100 | 147.9 | 152.5 | 148.3 | 150.5 |
| 5 | 150 | 100 | 100 | 150.7 | 152.4 | 152.8 | 150 |
| Rata - rata | | | | 141.42 | 150.58 | 151.06 | 151.38 |
| | | | | Error (%) | 0.39 | 0.71 | 0.92 |
| 1 | 300 | 50 | 50 | 357 | 253 | 253.2 | 252.5 |
| 2 | 300 | 50 | 50 | 277.3 | 254 | 251.4 | 252.1 |
| 3 | 300 | 50 | 50 | 357 | 252.1 | 251.5 | 253.7 |
| 4 | 300 | 50 | 50 | 357 | 255.3 | 254.4 | 253.3 |
| 5 | 300 | 50 | 50 | 357 | 252.4 | 253.6 | 253 |
| Rata - rata | | | | 341.06 | 253.36 | 253.42 | 252.92 |
| | | | | Error (%) | 15.55 | 15.53 | 15.69 |

(lanjutan)

Hasil Kalibrasi Counter Motor DC dengan Perpindahan Detektor

| Jarak Detektor (cm) | Jumlah Counter | Tampilan Jarak pada LCD (cm) |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| 40 | 0 | 40.0 |
| 38 | 1910 | 38.0 |
| 36 | 3808 | 35.9 |
| 34 | 5251 | 34.4 |
| 32 | 7643 | 31.9 |
| 30 | 9574 | 29.8 |
| 28 | 11511 | 27.8 |
| 26 | 13401 | 25.7 |
| 24 | 15339 | 23.7 |
| 22 | 17328 | 21.6 |
| 20 | 19223 | 19.6 |
| 18 | 21138 | 17.5 |
| 16 | 23085 | 15.4 |
| 14 | 25116 | 13.3 |
| 12 | 27140 | 11.1 |
| 10 | 29029 | 9.1 |
| 8 | 30999 | 7.0 |
| 6 | 32970 | 4.9 |
| 4 | 34916 | 2.9 |
| 2 | 36825 | 0.8 |

Lampiran 2. Program yang digunakan dalam penelitian.

Program 1. Program kalibrasi ADC

```
$regfile = "m8535.dat"  
$crystal = 8000000  
$lib "lcd4busy.Lbx"  
  
Config Lcd = 16 * 2  
Const _lcdport = Portc  
Const _lcdaddr = Ddrc  
Const _lcdin = Pinc  
Const _lcd_e = 2  
Const _lcd_rw = 1  
Const _lcd_rs = 0  
Cursor Off  
  
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc  
Start Adc  
Dim W As Word , Jarak As Single , Jarak_text As String * 4  
  
Do  
W = Getadc(1)  
Jarak = W / 1024  
Jarak = Jarak * 4.29  
Jarak_text = Fusing(jarak , "##.#")  
Cls  
Lcd "ADC1 : " ; W  
Lowerline  
Lcd "jarak : "; jarak_text  
Waitms 500  
Loop
```

(lanjutan)

Program 2. Program kalibrasi motor DC

```
$regfile = "m8535.dat"  
$crystal = 8000000  
$lib "lcd4busy.Lbx"  
  
'konfigurasi variabel yang akan digunakan  
Dim M1 As Word , Jarak As Single , Jarak_text As String * 4  
  
'konfigurasi lcd ke port c  
Config Lcd = 16 * 2  
Const _lcdport = Portc  
Const _lcdaddr = Ddrc  
Const _lcdin = Pinc  
Const _lcd_e = 2  
Const _lcd_rw = 1  
Const _lcd_rs = 0  
Cursor Off  
  
'konfigurasi timer sebagai counter  
Config Timer1 = Counter , Edge = Rising  
  
'Kemudian Kita Mengatur Port Input Output  
Config Portb = Input  
Config Portd = Output  
  
Cls  
Lcd "program kalibrasi"  
Lowerline  
Lcd "putaran motor"  
Waitms 1000  
  
Do  
Cls  
M1 = 0  
Start Counter1  
M1 = Counter1  
Jarak = -0.001 * M2  
Jarak = Jarak + 40.01  
Jarak_text = Fusing(jarak , "##.#")  
Lcd "counter = " ; M1  
Lowerline  
Lcd "Jarak = " ; Jarak_text  
Waitms 500  
Loop
```

(lanjutan)

Program 3. Program untuk membaca jarak fokus lensa

```
$regfile = "m8535.dat"
$crystal = 8000000
$lib "lcd4busy.Lbx"

'konfigurasi port LCD
Config Lcd = 16 * 2
Const _lcdport = Portc
Const _lcdaddr = Ddrc
Const _lcdin = Pinc
Const _lcd_e = 2
Const _lcd_rw = 1
Const _lcd_rs = 0
Cursor Off

'konfigurasi timer dan ADC
Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Start Adc
Config Timer1 = Counter , Edge = Rising

'konfigurasi port input output
Config Porta = Input
Config Portb = Input
Config Portd = Output

'konfigurasi Variabel Yang Akan Digunakan Dalam Program
Dim M1 As Word , M2 As Word
Dim A1 As Word , A2 As Word
Dim Putaran As Single , Jarak As Single
Dim Jarak_lensa As Single , Jarak_total As Word
Dim Jarak_text As String * 5

Home
Lcd "ady prasetyo"
Lowerline

Lcd "autofocus lensa"
Wait 1
'motornya maju
Portd.4 = 1
Portd.0 = 0
Portd.1 = 1
Jarak_lensa = 50      'jarak dari sumber cahaya ke lensa
Jarak_total = 407    'jarak antara sumber cahaya dengan detektor (default
                    'terjauh dari sumber)
A2 = 1050             'masukkan nilai A2 dengan nilai yang paling besar
                    'agar program while berjalan (nilai A2 harus lebih
                    'besar dari nilai getadc(1) pertama kali

Do
Start Counter1
'motor bergerak sambil dibaca putaran dan adcnya
A1 = Getadc(1)
M1 = Counter1
```

(lanjutan)

```
While A1 < A2           'selama nilai A2 lebih dari nilai A1 maka akan
  M2 = M1               'terus menjalankan program while
  M1 = Counter1
  A2 = A1 + 20
  A1 = Getadc(1)
  Cls
  Lcd " deteksi kontras"
  Lowerline
  Lcd A1 ; "      " ; M1
  Waitms 300
Wend

'jika A2 < A1 (berarti sensor sudah berada pada titik intensitas tertinggi)
'maka jalankan program di bawah
  Portd.4 = 0           'matikan motor DC
  Stop Counter1
  Putaran = M2 / 116
  Jarak = Putaran * 1.25
  Jarak = Jarak_total - Jarak
  Jarak = Jarak - Jarak_lensa
  Jarak_text = Fusing(jarak , "###.#")
  Cls
  Lcd "ADC = " ; A1
  Lowerline
  Lcd "Fokus = " ; Jarak_text
  Waitms 1000
  Portd.4 = 1           'membuat motor DC kembali pada posisi terjauh
  Portd.0 = 1
  Portd.1 = 0
  Bitwait Pinb.3 , Set 'menunggu sampai sudah berada pada titik terjauh
  Portd.4 = 0           'stop motor DC
  Locate 1 , 14
  Lcd "ok"
End
Loop
```