



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**SISTEM PENGUKUR PANJANG FOKUS LENSA CEKUNG  
BERBASIS MIKROKONTROLLER**

**SKRIPSI**

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

**ARIF RACHMANTO**

**0706262180**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN**

**ALAM**

**DEPARTEMEN FISIKA**

**DEPOK**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Arif Rachmanto

NPM : 0706262180

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Juni 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Arif Rachmanto

NPM : 0706262180

Program Studi : Fisika Instrumentasi

Judul Skripsi : Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Cekung Berbasis Mikrokontroller

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

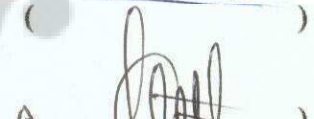
Pembimbing 1 : Dr. Prawito



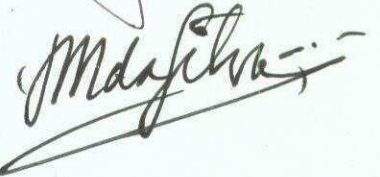
Pembimbing II : Lingga Hermanto, M.Si



Penguji I : Dr. Santoso Sukirno



Penguji II : Dr. BEF Da Silva M.sc



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat kepada Allah Yang Maha Esa atas berkat karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dengan judul “ Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Cekung Berbasis Mikrokontroller”. Penulis berharap semoga laporan dan penelitian yang dilakukan oleh penulis ini bermanfaat bagi yang membutuhkan dan dapat dikembangkan di kemudian hari. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin menyampaikan rasa 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. Bapak Dr.Prawito dan Bapak Lingga Hermanto.M.Si selaku Dosen Pembimbing yang selalu bersedia untuk membimbing dengan penuh kesabaran, mengarahkan, memberikan masukan pada saat berdiskusi, serta memotivasi penulis selama menyusun skripsi ini
3. Dr. Santoso Sukirno dan Dr. BEF da Silva M.Sc, 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 kepada penulis agar ilmu yang diberikan dapat 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. Teman-teman satu peminatan Fisika Instrumentasi 2007 dan teman-teman workshop,Ady, Deki, Ferdi, Husni, Imas, Rusyda,Singkop,vani,Wahid,Yulia, Yusuf, Zulfikar,terima kasih sudah bersedia untuk memberikan semangat juang kepada penulis dan bersama-sama menyelesaikan tugas akhir
6. Teman-teman Fisika 2007, yang telah memberikan banyak dukungan baik moral maupun materil serta masukan yang membangun.

7. Pak Parno yang telah membantu dalam pembuatan mekanik
8. Terima kasih kepada adikku Yuli yang telah membantu mas anto jika lagi capek.
9. Terima kasih untuk semua pribadi yang secara sadar ataupun tidak yang telah membantu dan memberikan teladan yang baik kepada penulis.

Akhir kata, penulis berharap Allah Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan, dapat berguna bagi orang-orang yang mengkajinya, serta dapat dikembangkan dan disempurnakan agar lebih bermanfaat untuk kepentingan orang banyak. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, karena penulis menyadari masih banyak kesalahan dan kekurangan yang harus diperbaiki.

Depok, 6 Juni 2012

Penulis

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

---

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

Nama : Arif Rachmanto

NPM : 0706262180

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:

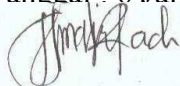
Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Cekung Berbasis Mikrokontroler

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 : 6 Juni 2012



Yang menyatakan

(Arif Rachmanto)

Nama : Arif Rachmanto

Program Studi : Fisika

Judul : Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Cekung Berbasis Mikrokontroller.

### ABSTRAK

Salah satu fungsi lensa cekung adalah digunakan sebagai kacamata penderita rabun jauh. Dalam menentukan kuat lensa diperlukan fokus lensa. Dalam penelitian ini telah dibuat sistem pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller. Sistem tersebut menggunakan sensor cahaya *LDR (Light Diode Resistance)* untuk mendeteksi intensitas cahaya yang dibiaskan oleh lensa cekung. *LDR* akan digerakkan oleh motor dc menuju titik persebaran cahaya yang dibiaskan dari lensa cekung. *Rotary encoder* yang terletak didalam *motor dc* berfungsi untuk menentukan jarak perpindahan sensor cahaya dan posisi sinar. *Mikrokontroller* disini berfungsi memerintahkan motor dc untuk menggerakkan sensor cahaya, membaca perpindahan sensor pada jarak horizontal, membaca jarak berkas cahaya sejajar yang dibiaskan oleh lensa cekung dan membaca nilai *ADC* dari sensor cahaya *LDR*.

Kata kunci : lensa cekung, *LDR*, *motor dc*, *mikrokontroller*, *ADC*

Name : Arif Rachmanto

Program Study: Physics

Title : Microcontroller-based Concave Lens Focal Length Measuring System

### **ABSTRACT**

One of function concave lens is used as eyeglasses for long sight difficulty persons. In order to determine the required lens power, the focal length is needed. In this research work, microcontroller-based concave lens focal length measuring system has been made. The system uses LDR (Light Dependent Resistance) light sensor to detect light intensity refracted by the concave lens. The LDR light sensor is moved by the DC motor to the points where the light spread by the concave lens. Rotary encoder located in the DC motor has function to determine the movement distance of the light sensor and the light position. Microcontroller has function to control the DC motor which moves the light sensor, to read the movement of the light sensor at horizontal distance, to read the width of the parallel light beam refracted by the concave lens and also to read ADC (Analog to Digital Converter) output of the LDR light sensor.

Keywords : concave lens, LDR, motor dc, microcontroller, ADC



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
LEMBAR 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
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Batasan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Metode Penelitian .....	3
1.5 Sistematika Penelitian .....	3
<b>BAB 2 LANDASAN TEORI</b> .....	4
2.1 <i>Motor DC</i> .....	9
2.1.1 Pengertian <i>Motor DC</i> .....	9
2.1.2 Prinsip Kerja <i>Motor DC</i> .....	10
2.2 Sensor Cahaya .....	11
2.2.1 Fotodioda .....	11
2.2.2 LDR ( <i>Light Dependent Resistance</i> ) .....	13
2.2.3 Fototransistor .....	13
2.3 <i>Power Supply</i> .....	15
2.4 <i>Rotary Encoder</i> .....	16

2.5 LASER .....	20
2.6 Mikrokontroller dan Atmega 8535 .....	21
2.6.1 Konstruksi Atmega 8535 .....	22
2.6.2 Pin-pin mikrokontroller Atmega 8535 .....	23
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN ALAT .....</b>	<b>25</b>
3.1 Metode Penelitian .....	25
3.2 Perangkat Keras .....	27
3.2.1 Sensor Cahaya .....	28
3.2.2 Sistem Minimum Mikrokontroller Atmega8535 .....	29
3.2.3 LCD .....	31
3.2.4 <i>Driver Motor DC</i> .....	34
3.2.5 <i>Motor DC with Encoder</i> .....	36
3.2.6 Perancangan Mekanik .....	38
3.3 Perangkat Lunak .....	40
<b>BAB 4 HASIL DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>43</b>
4.1 Data Kalibrasi Putaran <i>Motor DC</i> EMG 30 .....	44
4.2 Data Kalibrasi Putaran <i>Motor DC</i> MTR DSR-01 .....	46
4.3 Data Kalibrasi ADC .....	49
4.4 Data Kalibrasi Sensor Cahaya .....	52
4.5 Hasil dan Analisis Pengukuran Panjang Fokus Lensa Cekung Berbasis Mikrokontroller .....	54
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>61</b>
5.1 Kesimpulan .....	61
5.2 Saran .....	61
<b>DAFTAR ACUAN .....</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil data kalibrasi <i>motor DC</i> EMG30 .....	44
Tabel 4.2 Hasil kalibrasi <i>motor DC</i> MTR DSR-01 .....	46
Tabel 4.3 Kalibrasi ADC .....	50
Tabel 4.4 Data kalibrasi sensor cahaya .....	53
Tabel 4.5 Hasil pengukuran panjang fokus lensa cekung menggunakan mikrokontroller .....	56
Tabel 4.6 Hasil pengolahan data panjang fokus lensa cekung menggunakan metode <i>leastsquare</i> .....	56



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Proses jalannya sinar ke dan dari lensa cekung .....	2
Gambar 2.1 Jenis – jenis lensa cekung .....	4
Gambar 2.2 Proses terbentuknya bayangan pada lensa cekung .....	5
Gambar 2.3 Aberasi sferis .....	7
Gambar 2.4 Aberasi kromatis .....	8
Gambar 2.5 <i>Motor DC</i> sederhana .....	9
Gambar 2.6 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor .....	10
Gambar 2.7 Medan Magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor berbentuk U .....	10
Gambar 2.8 Reaksi garis fluks .....	10
Gambar 2.9 Bentuk fisik <i>motor DC</i> .....	11
Gambar 2.10 Rangkaian fotodiode .....	12
Gambar 2.11 Rangkaian pengubah arus menjadi tegangan pada fotodiode .....	12
Gambar 2.12 Bentuk fisik fotodiode .....	12
Gambar 2.13 Skematik fototransistor .....	13
Gambar 2.14 Karakteristik fototransistor dan rangkaian uji fototransistor .....	14
Gambar 2.15 Rangkaian uji fototransistor .....	14
Gambar 2.16 Bentuk fisik fototransistor .....	15
Gambar 2.17 Bentuk fisik <i>power supply</i> .....	15
Gambar 2.18 <i>Absolute rotary encoder</i> .....	17
Gambar 2.19. Susunan piringan untuk <i>incremental encoder</i> .....	18
Gambar 2.20. Contoh pola keluaran <i>incremental encoder</i> .....	19
Gambar 2.21. Output <i>incremental encoder</i> dan arah putaran pada resolusi yang berbeda-beda .....	19
Gambar 2.22 Bentuk fisik <i>rotary encoder</i> .....	19
Gambar 2.23 Kaki – kaki pin pada mikrokontroler Atmega 8535 .....	23
Gambar 3.1 Proses pembiasan cahaya yang datang ke lensa cekung .....	25

Gambar 3.2	Blok diagram sistem pengukuran .....	27
Gambar 3.3	Rangkaian sederhana sensor cahaya LDR .....	29
Gambar 3.4	Skematik minimum sistem atmega 8535 .....	30
Gambar 3.5	Program tampilan LCD .....	32
Gambar 3.6	Hasil tampilan LCD .....	32
Gambar 3.7	Rangkaian <i>driver motor</i> IC L298 .....	34
Gambar 3.8	Bentuk fisik <i>driver motor</i> IC L298 .....	35
Gambar 3.9	Pin kaki <i>driver motor</i> tipe L298 .....	35
Gambar 3.10	Program Pengendalian Motor .....	36
Gambar 3.11	MTR-DSR01 <i>motor DC with encoder</i> .....	37
Gambar 3.12	EMG 30 <i>motor DC with encoder</i> .....	38
Gambar 3.13	Sketsa sistem pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller .....	39
Gambar 3.14	Sistem pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller .....	39
Gambar 3.15	Flowchart program pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller .....	41
Gambar 4.1	Grafik hasil kalibrasi <i>motor DC</i> EMG30 .....	45
Gambar 4.2	Grafik hasil kalibrasi <i>motor DC</i> MTR DSR-01 .....	48
Gambar 4.3	Kalibrasi antara tegangan yang terukur oleh <i>multimeter</i> dengan tegangan yang terbaca oleh LCD .....	51
Gambar 4.4	Hubungan antara tegangan yang terukur dengan nilai <i>output</i> ADC .....	51
Gambar 4.5	Perbandingan antara tegangan yang terukur oleh multimeter dengan tegangan yang terbaca oleh lcd .....	53
Gambar 4.6	Kalibrasi antara tegangan yang terukur oleh multimeter dengan intensitas cahaya .....	54
Gambar 4.7	Berkas cahaya yang dibiaskan oleh lensa cekung .....	55
Gambar 4.8	Grafik data panjang fokus lensa cekung 5 cm .....	58

Gambar 4.9 Grafik data panjang fokus lensa cekung 10 cm.....	59
Gambar 4.10 Grafik data panjang fokus lensa cekung 20 cm.....	59



# **BAB1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Banyak kegunaan lensa cekung dalam kehidupan sehari - hari, salah satu diantaranya adalah sebagai kacamata rabun jauh. Kacamata rabun jauh dipakai oleh penderita rabun jauh. Orang yang menderita rabun jauh tidak dapat melihat benda yang jauh secara jelas karena bayangan benda tersebut jatuh di depan retina. Dengan bantuan lensa cekung, bayangan tersebut disebarkan sehingga tepat jatuh di retina. Benda nyata yang terletak pada lensa cekung akan menghasilkan bayangan yang sifatnya selalu maya, tegak dan diperkecil. Bayangan lensa cekung tidak dapat diterima oleh layar karena bayangan berada di depan lensa. Dalam fotografi, kefokusan sangat penting dalam menghasilkan gambar dan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas gambar, fokus berarti tempat dimana beberapa kumpulan sinar berada pada satu titik.

### **1.2 Batasan Masalah**

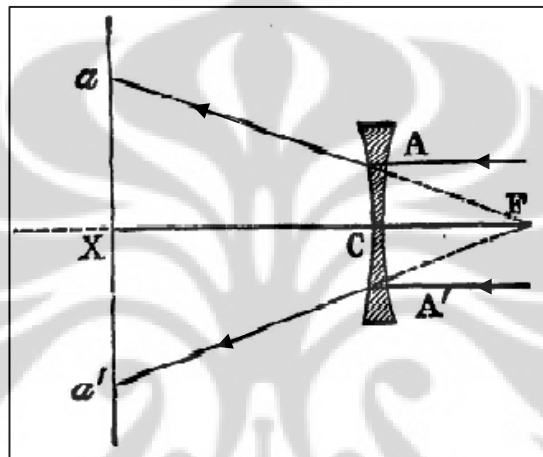
Lensa yang digunakan pada penelitian ini memiliki batasan panjang fokus kurang dari 1 meter dan menggunakan mikrokontroler sebagai alat bantu pengendali dan lensa yang digunakan adalah lensa tipis.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mencari panjang fokus sebuah lensa cekung secara otomatis dan menerapkan ilmu yang telah didapat di kuliah.

## 1.6 Metode Penelitian

Penelitian ini akan dirancang alat pengukuran panjang fokus lensa cekung secara otomatis. Lensa tersebut akan diletakkan diantara sumber cahaya dan sensor cahaya. Kemudian sensor cahaya lensa jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang dibiaskan oleh lensa cekung dan di dapatlah jaraknya dengan menggunakan *motor dc speed encoder*. Fokus lensa cekung dapat dicari dengan persamaan berikut :



Gambar 1.1 Proses jalannya sinar ke dan dari lensa cekung [1]

$$\frac{F}{F + CX} = \frac{AA'}{aa'} \quad (1.1)$$

Tahapan-tahapan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

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

**Universitas Indonesia**



## 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, pembatasan masalah, tujuan, metode yang digunakan dalam penelitian..

### 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 lensa cekung berbasis mikrokontroler ATMEGA8535.

### 4. Bab 4 Analisis Hasil Penelitian

Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil penelitian dan analisa penelitian

### 5. Bab 5 Penutup

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

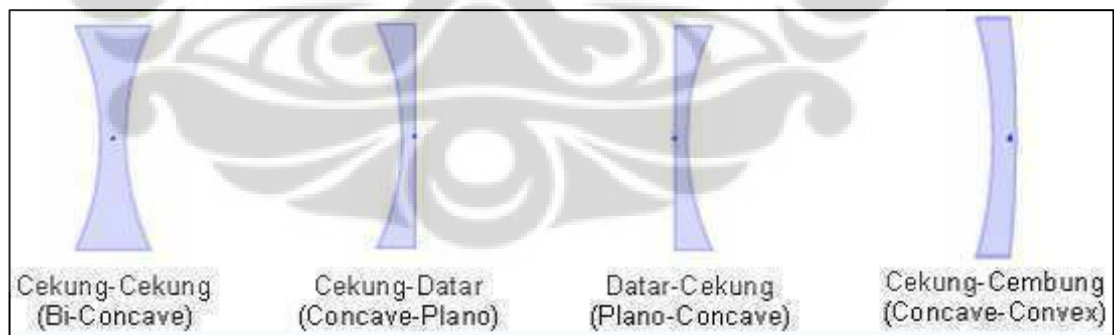
## BAB 2

### LANDASAN TEORI

Lensa adalah benda transparan yang mampu 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 plastik 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.

Jika lensa cekung disinari oleh seberkas sinar yang sejajar, maka sinar menyebar menuju titik tak hingga atau biasa disebut divergen. Berikut ini beberapa gambar jenis lensa cekung :



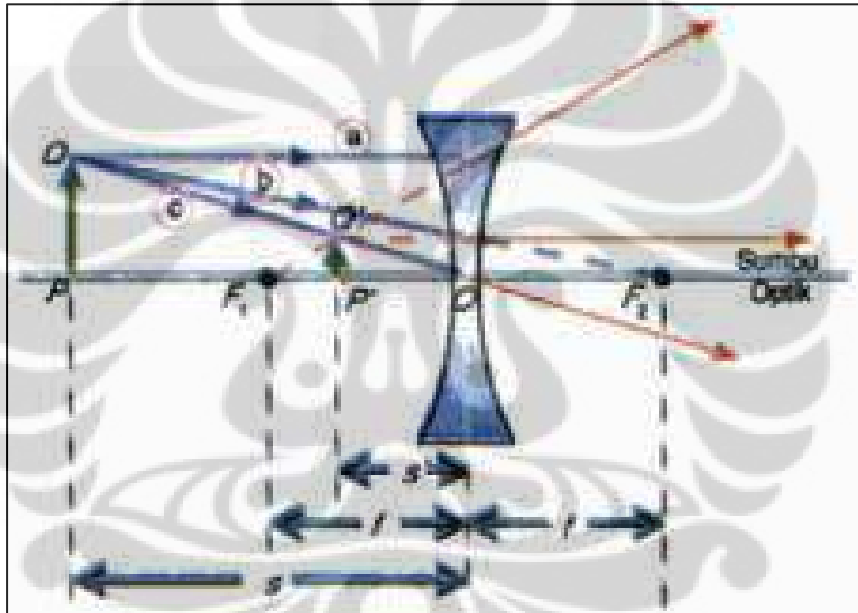
Gambar 2.1 Jenis – jenis lensa cekung [20]

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 (F1).
- Sinar datang melalui pusat optik (pusat lensa) tidak dibiaskan.
- Sinar datang menuju titik fokus kedua (F2) dibiaskan sejajar sumbu utama.

Untuk dapat memahami bagaimana sinar-sinar utama tersebut dibiaskan oleh lensa cekung sehingga terbentuk bayangan, dapat dilihat pada gambar 2.2 ilustrasi dari penjelasan sinar utama tersebut.



Gambar 2.2 Proses terbentuknya bayangan pada lensa cekung

[20]

Pada gambar 2.2, jarak dari objek ke lensa dilambangkan dengan  $S$ , sedangkan jarak dari lensa ke gambar adalah  $S'$ . Jika ketebalan lensa diabaikan (lensa tipis) di udara, maka kita dapat menghitung besarnya fokus lensa tersebut dengan menggunakan rumus (lensa tipis)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \quad (2.1)$$

Dengan  $f$  adalah panjang fokus lensa yang diamati,  $S$  adalah jarak benda ke lensa dan  $S'$  adalah jarak bayangan ke lensa. Sedangkan untuk mengetahui seberapa besar suatu benda mengalami perbesaran dapat dihitung dengan rumus :

$$M = -\frac{S'}{S} \quad (2.2)$$

Dimana  $M$  adalah perbesaran bayangan, 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 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 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).

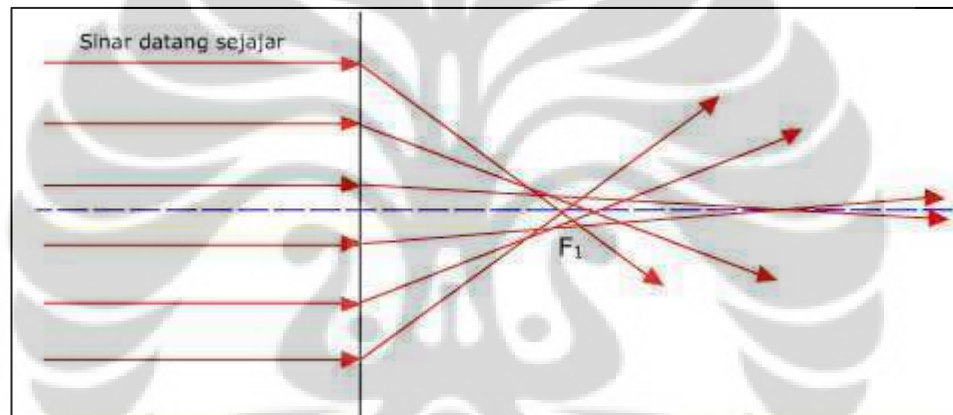
Lensa cekung yang digunakan untuk penelitian adalah lensa tipis. Lensa tipis dapat didefinisikan ketebalan lensa tersebut lebih kecil dibandingkan dengan jarak yang berhubungan dengan sifat optis, seperti jari-jari kelengkungan dari dua permukaan sferis, panjang fokus primer dan sekunder, jarak benda dan jarak bayangan. Lensa tipis mempunyai fokus primer dan fokus sekunder. Fokus primer adalah titik dimana cahaya yang datang berasal dari titik tersebut atau menuju ke titik tersebut akan menjadi sejajar dengan sumbu utama setelah dibiaskan. Fokus sekunder adalah titik dimana cahaya datang sejajar sumbu utama, setelah dibiaskan akan menuju atau seolah-olah berasal dari sumbu utama. Apabila dua lensa tipis diletakkan bersinggungan, maka panjang fokus primer dapat ditulis :

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f1} + \frac{1}{f2} \quad (2.3)$$

Kedua lensa tersebut dianggap berada di udara. Dari persamaan tersebut,berbanding terbalik dari panjang fokus dari kombinasi lensa tipis sama dengan penjumlahan berbabing terbalik dari panjang fokus masing-masing lensa. Sehingga didapatkan kekuatan lensa gabungannya adalah :

$$P = P1 + P2 \quad (2.4)$$

Lensa memiliki kecacatan. Ada beberapa macam kecacatan lensa, diantaranya adalah aberasi sferis, coma, astigmatisma, *curvature of field*, distorsi, aberasi kromatis. Gelombang cahaya datang ke lensa secara parallel dengan sumbu utama, cahaya yang dibiaskan tidak pada titik fokus. Kecacatan lensa tersebut dinamakan aberasi sferis. Aberasi sferis seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini :



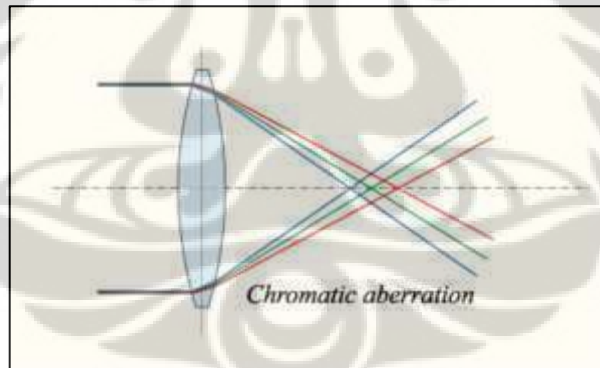
Gambar 2.3 Aberasi sferis [22]

Aberasi sferis dari suatu benda yang terletak di sumbu utama karena bentuk lengkung dari lensa. Berkas sejajar sumbu utama lensa tidak semua dibiaskan melalui titik fokus. Meniadakan aberasi atau menguranginya, ialah dengan meletakkan permukaan yang lebih lengkung di depan.

Pada aberasi koma, bayangan yang dibentuk oleh lensa akan berada pada bidang tegak lurus sumbu utama. Aberasi koma mengakibatkan cahaya yang berasal dari suatu titik tidak berada pada sumbu utama lensa. Aberasi koma serupa dengan aberasi sferis dimana bayangan tidak terfokus dan cahaya yang melalui lensa tidak terfokus pada titik yang sama. Aberasi koma berbeda dengan aberasi sferis dimana benda tidak

membentuk bayangan lingkaran tetapi berbentuk komet. Aberasi tersebut dapat diatasi dengan memilih jari-jari kelengkungan lensa yang tepat dan menggunakan diafragma. Diafragma berfungsi untuk memblok sinar-sinar tepi sehingga sinar yang melalui lensa hanya sinar-sinar paraksial.

Astigmatisma adalah kelainan pembentukan bayangan dan suatu benda titik yang jauh dari sumbu utama. Astigmatisma membentuk bayangan di arah sepanjang sumbu utama. Distorsi adalah suatu aberasi yang disebabkan oleh perbesaran bayangan yang tidak merata. Perbesaran pada bagian-bagian yang paling luar tidak sama. Benda yang berupa garis-garis sejajar akan melengkung. Jenis aberasi yang lain adalah aberasi kromatis. Sebagaimana telah kita ketahui, cahaya matahari terdiri dari bermacam-macam warna yang disebut polikromatis. Setiap warna mempunyai panjang gelombang sendiri-sendiri sehingga panjang gelombangnya pun berbeda-beda. Inilah yang menyebabkan bahwa berkas sinar polikromatis setelah dibiaskan lensa terurai menjadi beberapa warna dan setiap warna mempunyai fokus sendiri-sendiri.[2]



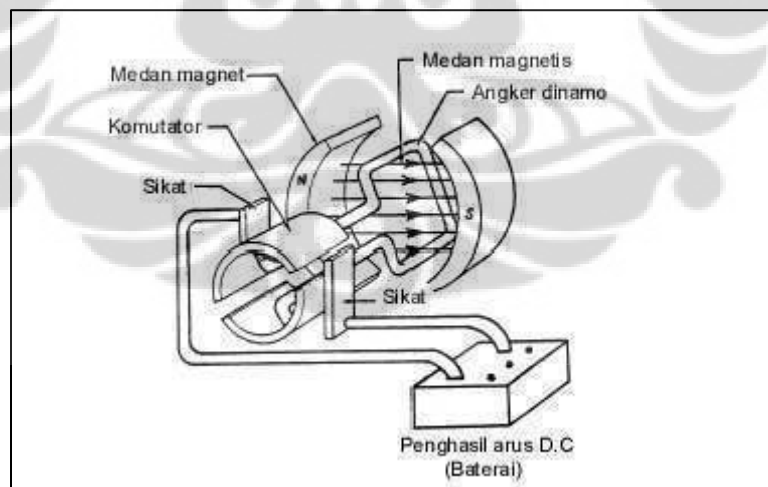
Gambar 2.4 Aberasi kromatis [23]

Sistem pengukur fokus lensa cekung yang dibuat terdiri dari sensor cahaya, *motor DC*, mikrokontroller, power supply, *rotary encoder* dan laser. Oleh karena itu dalam beberapa sub bab berikut akan dibahas mengenai sensor cahaya, *motor DC*, mikrokontroller, *power supply*, *rotary encoder* dan laser.

## 2.1 Motor DC

### 2.1.1 Pengertian *Motor DC*

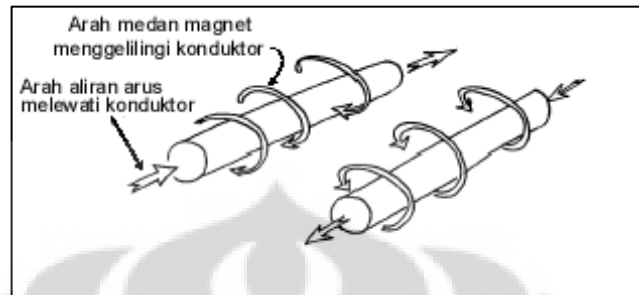
Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energy listrik menjadi energi mekanis. *Motor DC* digunakan untuk memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompressor, mengangkat bahan, dan lain-lain. *Motor DC* memerlukan suplay tegangan yang searah pada kumparan medan untuk 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 bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.[3]



Gambar 2.5 *Motor DC* sederhana [4]

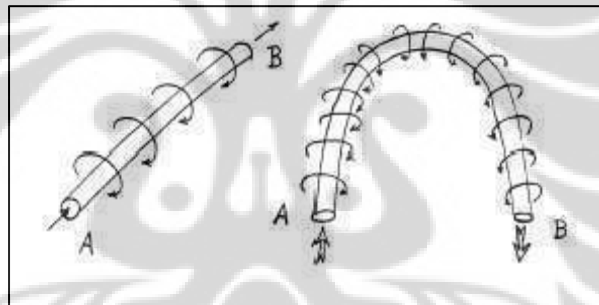
### 2.1.2 Prinsip Dasar Cara Kerja

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.



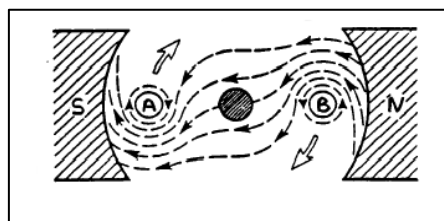
Gambar 2.6 Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor [4]

Gambar di bawah menunjukkan medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U.



Gambar 2.7 Medan Magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor berbentuk U [4]

Pada motor listrik konduktor berbentuk U disebut angker dinamo. Jika konduktor berbentuk U (angker dinamo) diletakkan diantara kutub selatan dan utara yang kuat, medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub. Seperti pada gambar di bawah



Gambar 2.8 Reaksi garis fluks [3]



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 anker dinamo berputar searah jarum jam.[4]



Gambar 2.9 Bentuk fisik *motor DC* [19]

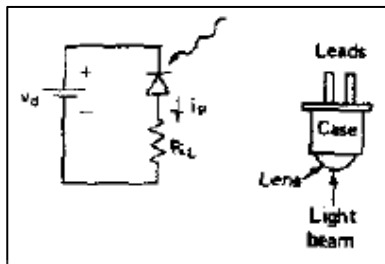
## 2.2 Sensor Cahaya

### 2.2.1. Fotodioda

Salah satu komponen arus balik pada dioda adalah aliran dari pembawa minoritas. Pembawa tersebut tetap ada karena energi thermal menjaga elektron valensi keluar dari orbitnya, yang menghasilkan elektron bebas dan lubang dalam prosesnya. Masa hidup dari pembawa arus minoritas cukup pendek, tetapi selama tetap ada, mereka dapat berkontribusi arus balik.

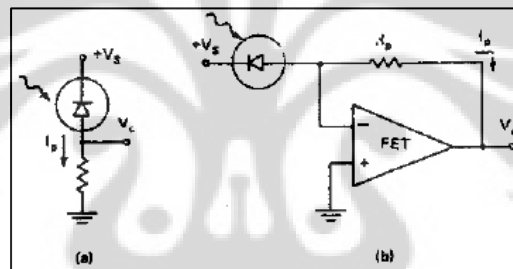
Saat energi cahaya mengenai sambungan pn, akan dapat menghasilkan elektron valensi. Makin besar mengenai sambungan, makin besar arus balik dioda. Fotodioda telah dioptimalkan untuk sensitif terhadap cahaya. Sinar datang menghasilkan

elektron bebas dan lubang. Semakin kuat cahaya, maka semakin besar jumlah pembawa minoritas dan semakin besar arus balik.



Gambar 2.10 Rangkaian fotodiode [16]

Untuk mendapatkan perubahan arus ke tegangan yang dapat dimanfaatkan maka dapat dibuat gambar rangkaian seperti berikut yaitu dengan memasang resistor dan op-amp jenis *field effect transistor*



Gambar 2.11 Rangkaian pengubah arus menjadi tegangan pada fotodiode [16]



Gambar 2.12 Bentuk fisik fotodiode [18]

### 2.2.2. LDR ( Light Dependent Resistance)

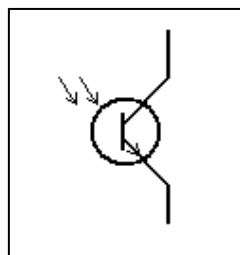
LDR (*Light Dependent Resistor*) yaitu resistor yang besar resistansi-nya bergantung terhadap intensitas cahaya yang menyelimuti permukaannya. LDR dikenal dengan banyak nama seperti fotoresistor, fotokonduktor, sel fotokonduktif, dan foto-sel.

*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.

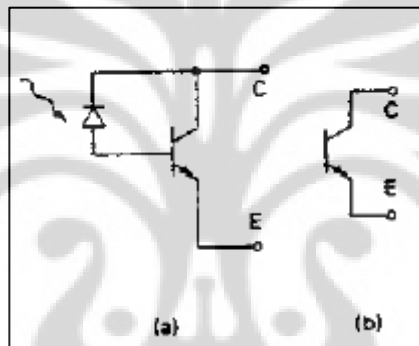
### 2.2.3. Fototransistor

Fototransistor memiliki struktur yang sama dengan transistor dimana basis diletakkan di tempat penerima cahaya. Bagian basis fototransistor memperoleh cahaya yang masuk kedalam kristal. Energi cahaya itu akan menciptakan pasangan hole-elektron didalam basis dan menyebabkan transistor bekerja. Dengan demikian fototransistor itu dikontrol oleh cahaya dan bukan oleh arus basis. Didalam kenyataannya beberapa fototransistor dibuat tanpa kaki basis, seperti tampak pada gambar dibawah ini

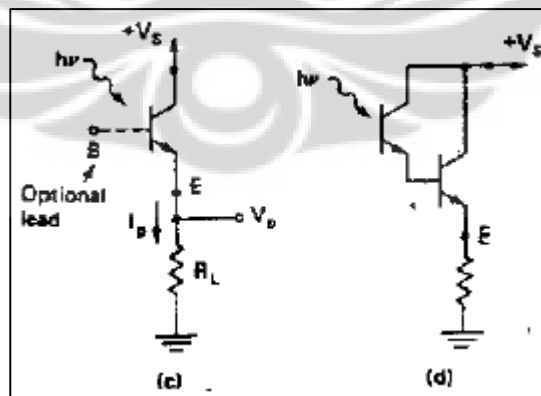


Gambar 2.13 Skematik fototransistor [17]

Fototransistor merupakan penerima cahaya yang berasal dari sumber cahaya. Tanpa cahaya masuk ke permukaan menyebabkan hanya sedikit arus yang mengalir. Fototransistor mengalirkan arus sebesar 10 nA pada suhu ruang. Ketika cahaya masuk menembus daerah deplesi dan membawa elektron-hole dioda menghantar dan menyediakan arus basis untuk transistor, dengan demikian fototransistor akan memberikan penguatan arus demikian juga kolektor diharapkan mengalir arus yang cukup banyak. Fototransistor memiliki kemampuan sensitivitas yang lebih baik bila dibandingkan dengan diodafoto, ini karena elektron yang dihasilkan oleh foton cahaya pada kaki junction di-injeksikan di bagian Base transistor tersebut untuk kemudian diperkuat di kaki C / kolektornya.



Gambar 2.14 Karakteristik fototransistor dan rangkaian uji fototransistor [16]



Gambar 2.15 Rangkaian uji fototransistor [16]



Gambar 2.16 Bentuk fisik fototransistor [15]

### 2.3 Power Supply

*Power Supply* merupakan pemberi sumber daya bagi perangkat elektronika. Perangkat elektronika mestinya dicatu oleh power supply arus searah DC (*direct current*) yang stabil agar dapat 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. Pengubah arus AC menjadi DC dapat menggunakan rangkaian penyearah yang paling sederhana, seperti rangkaian *power supply* dengan regulator zener, op amp dan regulator 78xx

Gambar 2.17 Bentuk fisik *power supply* [14]

## 2.4 Rotary Encoder

*Rotary encoder* merupakan sebuah divais elektronik yang dapat memonitor gerakan dan posisi. Cara kerja *rotary encoder* ini umumnya menggunakan sensor optik untuk menghasilkan serial pulsa yang dapat diartikan menjadi gerakan, posisi, dan arah. Hal ini akan membuat posisi sudut benda berputar dapat diolah menjadi informasi berupa kode digital oleh rotary. *Rotary encoder* ini sendiri tersusun dari suatu piringan tipis yang memiliki lubang-lubang yang terdapat pada piringan tersebut. Setelah itu akan ditempatkan LED pada salah satu sisi piringan. Hal ini akan membuat cahaya masuk menuju piringan. Kemudian disisi lain dari piringan ini diletakan photo transistor yang bertujuan untuk mendeteksi cahaya LED yang berseberangan. Piringan tipis ini yang nantinya akan dikopel dengan poros motor ataupun divais berputar lainnya yang ingin kita ketahui posisinya, hal ini akan membuat piringan berputar keika motor tersebut berputar. Apabila cahaya yang berasal dari LED mencapai fototransistor, maka photo transtor itu akan mengalami saturasi dana kan menghasilkan suatu pulsa gelombang pesergi. [21]

*Rotary encoder* terbagi menjadi dua jenis jaitu :

### a. Absolute *Rotary encoder*

Prinsip kerja dari absolute *rotary encoder* ini menggunakan piringan yang memiliki pola unik serta sinyal optik yang tersusun dalam jalur konsentrik. Hal ini akan menghasilkan kode digital yang berbeda saru sama lain untuk menyatakan sejumlah posisi tertentu dari poros yang dihubungkan pada *encoder* ini. Piringan yang digunakan untuk absolut *encoder* ini sendiri tersusun dari segmen-segmen cincin konsentris yang dimulai dari bagian tengah piringan ke arah tepi luar piringan yang jumlah segmennya selalu dua kali jumlah segmen cincin sebelumnya. Sebagai contoh, cincin pertama yang terdapat pada bagian paling dalam memiliki satu segmen transparan dan satu segmen gelap, sedangkan cincin kedua memiliki dua segmen transparan dan dua segmen gelap, begitu seterusnya hingga cincin terluar. Kelipatan

dua yang terdapat pada tiap-tiap segmen piringan tersebutlah yang akan membuat suatu sistem biner. Sistem biner ini juga dibentuk akibat terjadinya pasangan antara LED dan fototransistor sebanyak jumlah cincin yang ada pada absolut *encoder* tersebut. Dengan membaca *output* biner yang dihasilkan maka posisi dari poros yang kita ukur dapat kita ketahui untuk diteruskan ke rangkaian pengendali. Semakin banyak bit yang kita pakai maka posisi yang dapat kita peroleh akan semakin banyak.[21]

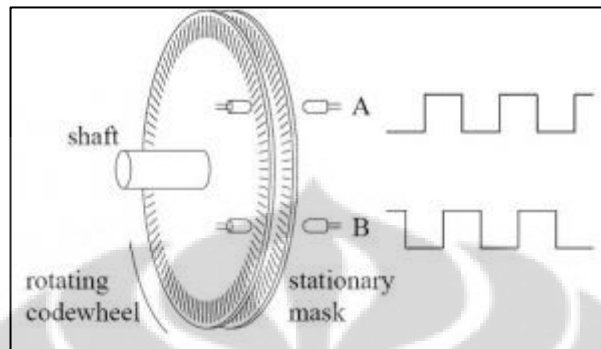


Gambar 2.18 *Absolute rotary encoder* [21]

#### b. *Incremental Rotary encoder*

*Incremental encoder* terdiri dari dua track atau single track dan dua sensor yang disebut *byte A* dan *B* (Gambar 7). Ketika poros berputar, deretan pulsa akan muncul di masing-masing *byte* pada frekuensi yang proporsional dengan kecepatan putar sedangkan hubungan fasa antara *byte A* dan *B* menghasilkan arah putaran. Dengan menghitung jumlah pulsa yang terjadi terhadap resolusi piringan maka putaran dapat diukur. Untuk mengetahui arah putaran, dengan mengetahui *byte* mana yang leading

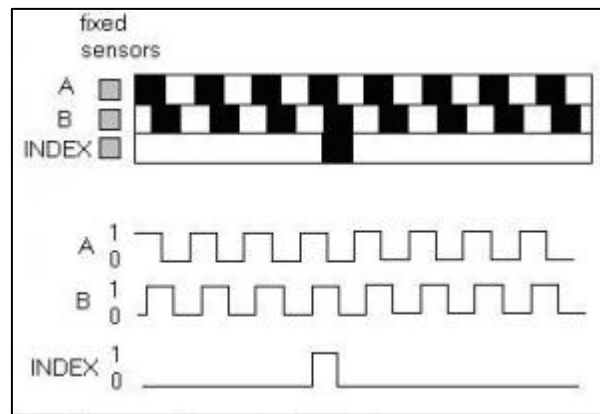
terhadap *byte* satunya dapat kita tentukan arah putaran yang terjadi karena kedua *byte* tersebut akan selalu berbeda fasa seperempat putaran (*quadrature signal*). Seringkali terdapat *output byte* ketiga, disebut INDEX, yang menghasilkan satu pulsa per putaran berguna untuk menghitung jumlah putaran yang terjadi.



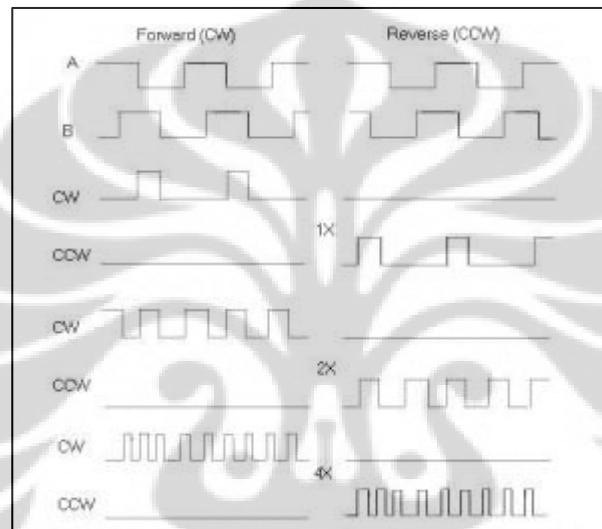
Gambar 2.19. Susunan piringan untuk *incremental encoder* [25]

Contoh pola diagram keluaran dari suatu *incremental encoder* ditunjukkan pada Gambar 8. Resolusi keluaran dari sinyal *quadrature* A dan B dapat dibuat beberapa macam, yaitu 1X, 2X dan 4X. Resolusi 1X hanya memberikan pulsa tunggal untuk setiap siklus salah satu sinyal A atau B, sedangkan resolusi 4X memberikan pulsa setiap transisi pada kedua sinyal A dan B menjadi empat kali resolusi 1X. Arah putaran dapat ditentukan melalui level salah satu sinyal selama transisi terhadap sinyal yang kedua. Pada contoh resolusi 1X, A = arah bawah dengan B = 1 menunjukkan arah putaran searah jarum jam, sebaliknya B = arah bawah dengan A = 1 menunjukkan arah berlawanan jarum jam. [25]





Gambar 2.20. Contoh pola keluaran *incremental encoder* [25]



Gambar 2.21. *Output incremental encoder* dan arah utaran pada resolusi yang berbeda-beda [25]

Biasanya *encoder* dipasang segaris dengan poros (shaft) motor, gearbox, sendi atau bagian berputar lainnya. Beberapa tipe *encoder* memiliki poros berlubang (*hollow shaft encoder*) yang didesain untuk system sambungan langsung ke poros obyek dideteksi.



Gambar 2.22 Bentuk fisik *rotary encoder* [13] .

## 2.5 LASER

Laser (singkatan dari bahasa Inggris: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) merupakan mekanisme suatu alat yang memancarkan radiasi elektromagnetik, biasanya dalam bentuk cahaya yang tidak dapat dilihat maupun dapat dilihat dengan mata normal, melalui proses pancaran terstimulasi. Pancaran laser biasanya tunggal, memancarkan foton dalam pancaran koheren. Laser juga dapat dikatakan efek dari mekanika kuantum.

Dalam teknologi laser, cahaya yang koheren menunjukkan suatu sumber cahaya yang memancarkan panjang gelombang yang diidentifikasi dari frekuensi yang sama, beda fase yang konstan dan polarisasinya. Selanjutnya untuk menghasilkan sebuah cahaya yang koheren dari medium lasing adalah dengan mengontrol kemurnian, ukuran, dan bentuknya. Keluaran yang berkelanjutan dari laser dengan amplituda-konstan (dikenal sebagai CW atau gelombang berkelanjutan), atau detak, adalah dengan menggunakan teknik *Q-switching*, *modelocking*, atau *gain-switching*.

Dalam operasi detak, dimana sejumlah daya puncak yang lebih tinggi dapat dicapai. Sebuah medium laser juga dapat berfungsi sebagai penguat optik ketika di-seed dengan cahaya dari sumber lainnya. Sinyal yang diperkuat dapat menjadi sangat mirip dengan sinyal *input* dalam istilah panjang gelombang, fase, dan polarisasi; Ini tentunya penting dalam telekomunikasi serat optik.

Sumber cahaya umum, seperti bola lampu incandescent, memancarkan foton hampir ke seluruh arah, biasanya melewati spektrum elektromagnetik dari panjang gelombang yang luas. Sifat koheren sulit ditemui pada sumber cahaya atau incoherens; dimana terjadi beda fase yang tidak tetap antara foton yang dipancarkan oleh sumber cahaya. Secara kontras, laser biasanya memancarkan foton dalam cahaya yang sempit, terpolarisasi, sinar koheren mendekati monokromatik, terdiri dari panjang gelombang tunggal atau satu warna.

Beberapa jenis laser, seperti laser dye dan laser vibronik benda-padat (*vibronic solid-state lasers*) dapat memproduksi cahaya lewat jangka lebar gelombang; properti ini membuat mereka cocok untuk penciptaan detak singkat sangat pendek dari cahaya, dalam jangka femtodetik ( $10^{-15}$  detik). Banyak teori mekanika kuantum dan termodinamika dapat digunakan kepada aksi laser, meskipun nyatanya banyak jenis laser ditemukan dengan cara trial and error

## 2.6 Mikrokontroller dan ATMEGA 8535

Mikrokontroller/Pengendali mikro adalah sistem mikroprosesor yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroller AVR merupakan keluarga mikrokontroler keluaran Atmel yang di buat berdasarkan *architecture RISC (Reduced Instruction Set Computing)* terbaru untuk meningkatkan kecepatan, ukuran program dan penggunaan catu daya. AVR telah berhasil menggabungkan *fast access register file* dan *single cycle instruction* dengan 32 register x 8 bit. Dengan 32 register AVR dapat mengeksekusi beberapa instruksi sekali jalan (*single cycle*), hal inilah yang membuat AVR relatif lebih cepat bila dibandingkan dengan mikrokontroler 8 bit lainnya. Enam dari 32 register yang ada dapat digunakan sebagai *indirect address register pointer* 16 bit untuk pengalamatan *data space*, yang memungkinkan penghitungan alamat yang efisien. AVR mempunyai kecepatan dari 0-16Mhz bahkan AVR yang telah ditambahkan beberapa alat dapat mencapai kecepatan 20Mhz. AVR merupakan mikrokontroller yang sangat *powerful* dan efisien dalam *addressing code* karena AVR dapat mengakses program memori dan data memori.

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.[26]

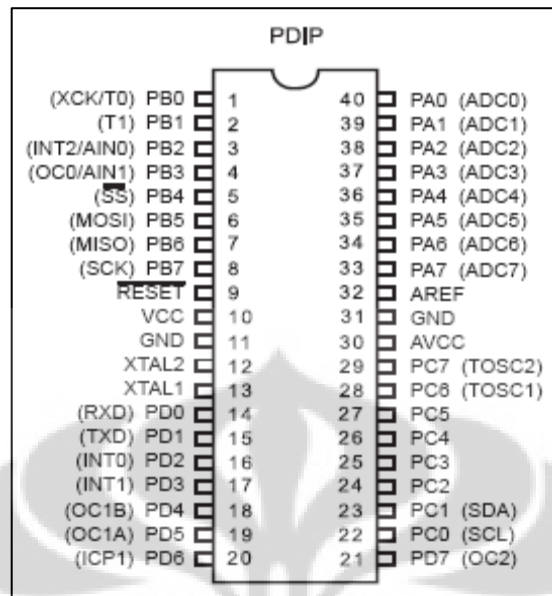
Secara garis besar, arsitektur mikrokontroler ATMEGA8535 terdiri dari : [26]

1. 32 saluran I/O (Port A, Port B, Port C, dan Port D)
2. 10 bit 8 Byte ADC (*Analog to Digital Converter*)
3. 4 byte 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 16MH

### 2.6.1 Konstruksi ATMEGA 8535

Mikrokontroler ATmega8535 hanya memerlukan tambahan 3 kapasitor, 1 resistor dan 1 kristal serta catu daya 5 volt. Kapasitor 10 mikro-farad dan resistor 10 kilo ohm dipakai untuk membentuk rangkaian riset. Dengan adanya rangkaian riset ini ATmega8535 otomatis diriset begitu rangkaian menerima catu daya. Kristal dengan frekuensi maksimum 24MHz dan kapasitor 30 mikro-farad dipakai untuk melengkapi rangkaian osilator pembentuk *clock* yang menentukan kecepatan kerja mikrokontroler.

### 2.6.2 Pin-Pin Mikrokontroler Atmega 8535



Gambar 2.23 Kaki – kaki pin pada mikrokontroler Atmega 8535 [12]

VCC. Suplai tegangan digital. Besarnya tegangan berkisar antara 4,5 – 5,5V untuk ATmega8 dan 2,7 – 5,5V untuk ATmega8L.

GND. *Ground*. Referensi nol suplai tegangan digital.

PORTB (PB7..PB0) . PORTB adalah port I/O dua-arah (bidirectional) 8-bit dengan resistor *pull-up* internal yang dapat dipilih. *Buffer* keluaran port ini memiliki karakteristik yang simetrik ketika digunakan sebagai *source* ataupun *sink*. Ketika digunakan sebagai *input*, pin yang di *pull-low* secara eksternal akan memancarkan arus jika resistor *pull-up*-nya diaktifkan. Pin-pin PORTB akan berada pada kondisi tri-state ketika *RESET* aktif, meskipun *clock* tidak running.

PORTC(PC5..PC0). PORTC adalah port I/O dua-arah (bidirectional) 7-bit dengan resistor *pull-up* internal yang dapat dipilih. *Buffer* keluaran port ini memiliki karakteristik yang simetrik ketika digunakan sebagai *source* ataupun *sink*. Ketika digunakan sebagai *input*, pin yang di *pull-low* secara eksternal akan memancarkan

arus jika resistor pull-up-nya diaktifkan. Pin-pin PORTC akan berada pada kondisi tri-state ketika *RESET* aktif, meskipun *clock* tidak running.

*PC6/RESET* . Jika Fuse RSTDISBL diprogram, maka PC6 berfungsi sebagai pin I/O akan tetapi dengan karakteristik yang berbeda dengan PC5..PC0. Jika Fuse RSTDISBL tidak diprogram, maka PC6 berfungsi sebagai masukan *Reset*. Sinyal LOW pada pin ini dengan lebar minimum 1,5 mikrodetik akan membawa mikrokontroler ke kondisi *Reset*, meskipun *clock* tidak running

PORTD(PD7..PD0). PORTD adalah port I/O dua-arah (bidirectional) 8-bit dengan resistor *pull-up* internal yang dapat dipilih. *Buffer* keluaran port ini memiliki karakteristik yang simetrik ketika digunakan sebagai *source* ataupun *sink*. Ketika digunakan sebagai *input*, pin yang di *pull-low* secara eksternal akan memancarkan arus jika resistor pull-up-nya diaktifkan. Pin-pin PORTD akan berada pada kondisi tri-state ketika *RESET* aktif, meskipun *clock* tidak running.

*RESET*. Pin masukan *Reset*. Sinyal LOW pada pin ini dengan lebar minimum 1,5 mikrodetik akan membawa mikrokontroler ke kondisi *Reset*, meskipun *clock* tidak running. Sinyal dengan lebar kurang dari 1,5 mikrodetik tidak menjamin terjadinya kondisi *Reset*.

AVCC . AVCC adalah pin suplai tegangan untuk ADC, PC3..PC0, dan ADC7..ADC6. Pin ini harus dihubungkan dengan VCC, meskipun ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan, VCC harus dihubungkan ke AVCC melalui *low-pass filter* untuk mengurangi *noise*.

AREF . Pin *Analog Reference* untuk ADC.

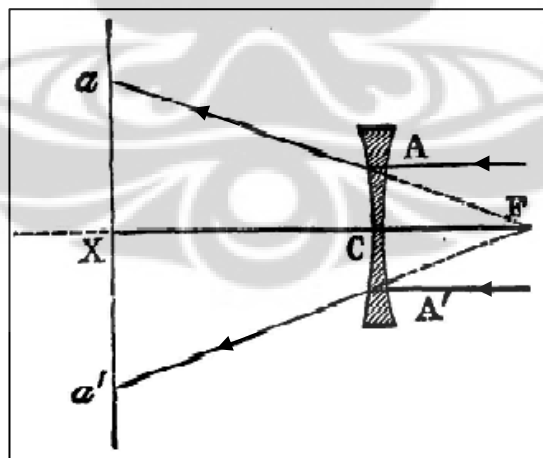
### BAB 3

## METODE PENELITIAN DAN PERANCANGAN ALAT

Pada bab ini, penulis akan menjelaskan metode penelitian dan perancangan alat baik *software* maupun *hardware*. Komponen yang digunakan dalam pembuatan alat adalah *motor DC encoder*, laser, minimum sistem, LCD, dan IC L298. Perangkat lunak ( *software* ) yang digunakan adalah pemrograman BASCOM ( *Basic Compiler*). Pemrograman BASCOM digunakan untuk memprogram mikrokontroler.

### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini merancang sistem pengukuran panjang fokus lensa cekung secara otomatis. Lensa tersebut akan diletakkan diantara sumber cahaya dan sensor cahaya. Kemudian sensor cahaya lensa mendeteksi jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang sudah dibiaskan oleh lensa cekung. Jarak tersebut dapat diketahui dengan menggunakan *motor DC encoder* dan sensor cahaya. Berikut ini adalah gambar cahaya datang ke lensa cekung dan dibiaskan oleh lensa cekung :



Gambar 3.1 Proses pembiasan cahaya yang datang ke lensa cekung [1]

Dari gambar tersebut panjang fokus lensa cekung dapat dicari dengan menggunakan metode kesebangunan segitiga. Segitiga yang digunakan adalah  $aa'F$  dan  $AA'F$ . Dengan menggunakan metode kesebangunan maka didapat :

$$\frac{AA'}{CF} = \frac{aa'}{CX + CF} \quad (3.1)$$

Dimana  $CF = F$  = panjang fokus lensa cekung

$$\frac{AA'}{F} = \frac{aa'}{CX + F} \quad (3.2)$$

Persamaan tersebut dapat diubah menjadi

$$\frac{F}{F + CX} = \frac{AA'}{aa'} \quad (3.3)$$

Dengan perkalian silang didapatkan

$$F(aa' - AA') = AA'CX \quad (3.4)$$

Didapatkan panjang fokus lensa cekung sebesar

$$F = \frac{AA'CX}{(aa' - AA')} \quad (3.5)$$

Dimana

$F$  = panjang fokus lensa cekung (meter)

$AA'$  = jarak antara dua cahaya laser yang sejajar (meter)

$CX$  = jarak geser pada bidang *horizontal* (meter)

$aa'$  = jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang sudah dibiaskan oleh lensa cekung (meter)

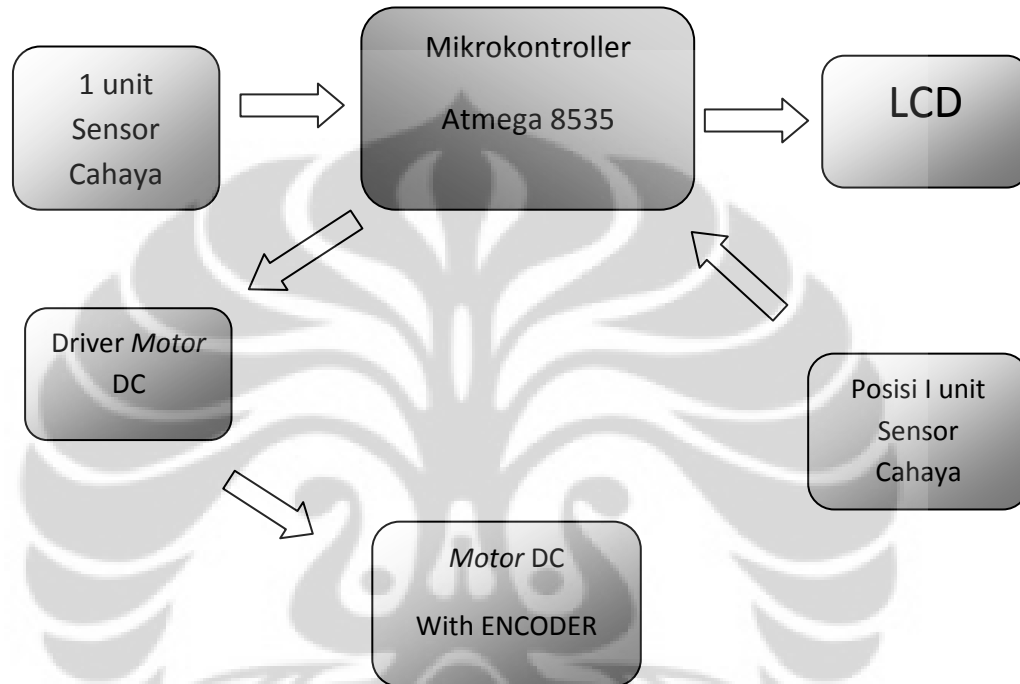
Sistem kerja alat pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroler ini adalah sensor cahaya bergeser secara *horizontal* setiap 1 cm. Setelah selesai bergeser, sensor bergerak ke atas untuk mendeteksi jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang sudah dibiaskan oleh lensa cekung. Setelah mendapatkan jarak geser dan jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang dibiaskan oleh lensa cekung, mikrokontroler akan menghitung panjang fokus lensa cekung dengan persamaan (3.5).

**Universitas Indonesia**



### 3.2 Perangkat Keras ( Hardware )

Pada bagian ini akan dijelaskan perangkat keras yang digunakan oleh penulis beserta fungsinya sehingga menciptakan sistem pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller. Berikut ini adalah blok diagram perangkat keras dalam pembuatan sistem pengukur panjang fokus lensa cekung



Gambar 3.2 Blok diagram sistem pengukuran

Gambar blok diagram di atas menggambarkan alur kerja dari perangkat keras yang digunakan oleh penulis dalam pembuatan sistem pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller. Gambar di atas memperlihatkan mikrokontroller sebagai jantung sistem pengukur panjang fokus lensa cekung. Satu unit sensor cahaya yang digunakan adalah LDR ( *Light Dependent Resistance* ) beserta pembagi tegangan. Sensor cahaya tersebut diberikan tegangan *input* sebesar 5 volt. Tegangan *output* yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan sensor cahaya tersebut dihubungkan ke *portA.1* mikrokontroller atmega 8535. Semakin besar intensitas cahaya yang terdeteksi oleh LDR ( *Light Dependent Resistance* ) semakin kecil tegangan *output*. Tegangan *output* tersebut dikonversi ke bilangan bulat oleh ADC

Universitas Indonesia

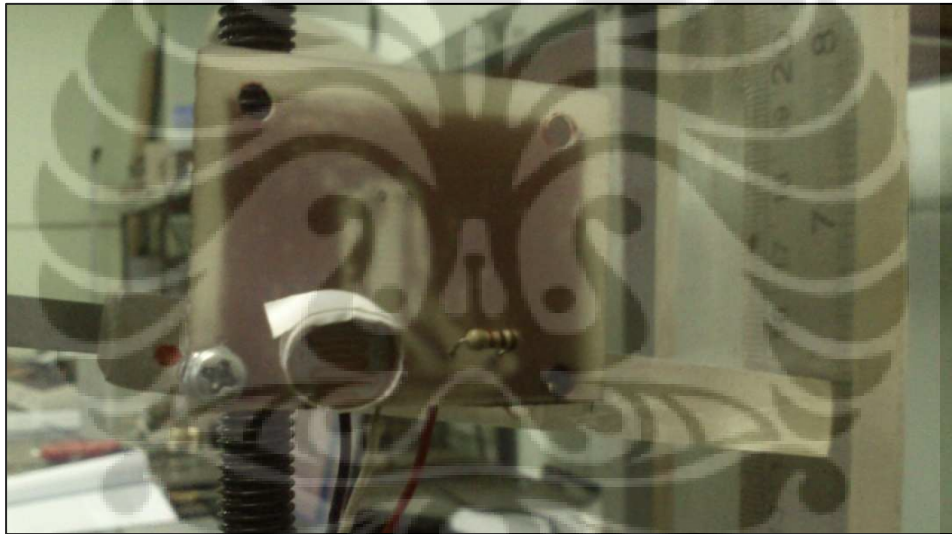
(*Analog Digital Converter*) yang berada pada mikrokontroler dan bilangan bulat tersebut ditampilkan ke LCD. Mikrokontroler mengendalikan juga *motor dc*. *Motor DC* tidak secara langsung dikendalikan oleh *Motor DC* tetapi penulis menggunakan IC L298 dalam mengendalikan *motor dc*. *Motor DC* berputar menyebabkan sensor cahaya bergerak. Jarak yang ditempuh oleh sensor cahaya tersebut dibaca oleh mikrokontroler dan ditampilkan ke lcd. Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing blok diagram :

### 3.2.1 Sensor Cahaya

Pada penelitian ini, sensor cahaya yang digunakan adalah LDR (*Light Dependent Resistance*) beserta rangkaian pembagi tegangan. Sensor cahaya tersebut diberikan tegangan *input* sebesar 5 volt. Tegangan *output* yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan sensor cahaya tersebut dihubungkan ke *portA.1* mikrokontroler atmega 8535. Semakin besar intensitas cahaya yang terdeteksi oleh LDR (*Light Dependent Resistance*) semakin kecil tegangan *output*. Tegangan *output* tersebut dikonversi ke bilangan biner oleh ADC (*Analog Digital Converter*) yang berada pada mikrokontroler dan bilangan bulat. Maksimal bilangan tersebut 1023 dikarenakan ADC mikrokontroler atmega 8535 memiliki 10 bit.

Sensor cahaya tersebut digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya. Masyarakat umum biasa menyebut LDR (*Light Dependent Resistance*) dengan foto resistor. LDR (*Light Dependent Resistance*) mempunyai respons lebih lambat dibandingkan dengan sensor cahaya lainnya, seperti fototransistor, fotodiode, opt 101, dan lain sebagainya. Itulah alasannya penulis menggunakan LDR sebagai sensor cahaya dalam pembuatan alat pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroler. Jika, penulis menggunakan sensor cahaya yang terlalu sensitif maka penulis bingung dalam menentukan perubahan tegangan *output* yang disebabkan intensitas yang timbul dari cahaya yang tersebar setelah melewati lensa cekung. Bisa jadi perubahan tegangan tersebut dipengaruhi intensitas cahaya luar. Hal tersebut dikarenakan sensor cahaya yang sensitif dapat merespon cahaya dengan intensitas sangat kecil .

Sebelum sensor cahaya tersebut digunakan, penulis mengkalibrasi sensor cahaya tersebut. Pengkalibrasi sensor cahaya tersebut dengan membandingkan tegangan yang terbaca oleh multimeter dengan intensitas cahaya yang mengenai sensor cahaya. Data kalibrasi sensor cahaya terdapat di tabel 4.4. Dari hasil tersebut, didapatkan hasil bahwa semakin besar intensitas cahaya semakin besar tegangan yang dihasilkan. Hasil kalibrasi antara tegangan yang terukur oleh mikro dengan tegangan yang terukur oleh multimeter hampir senilai. Hal tersebut menandakan bahwa sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistance*) yang digunakan berfungsi dengan baik. Berikut ini adalah gambar sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistance*) yang dipakai untuk penelitian.



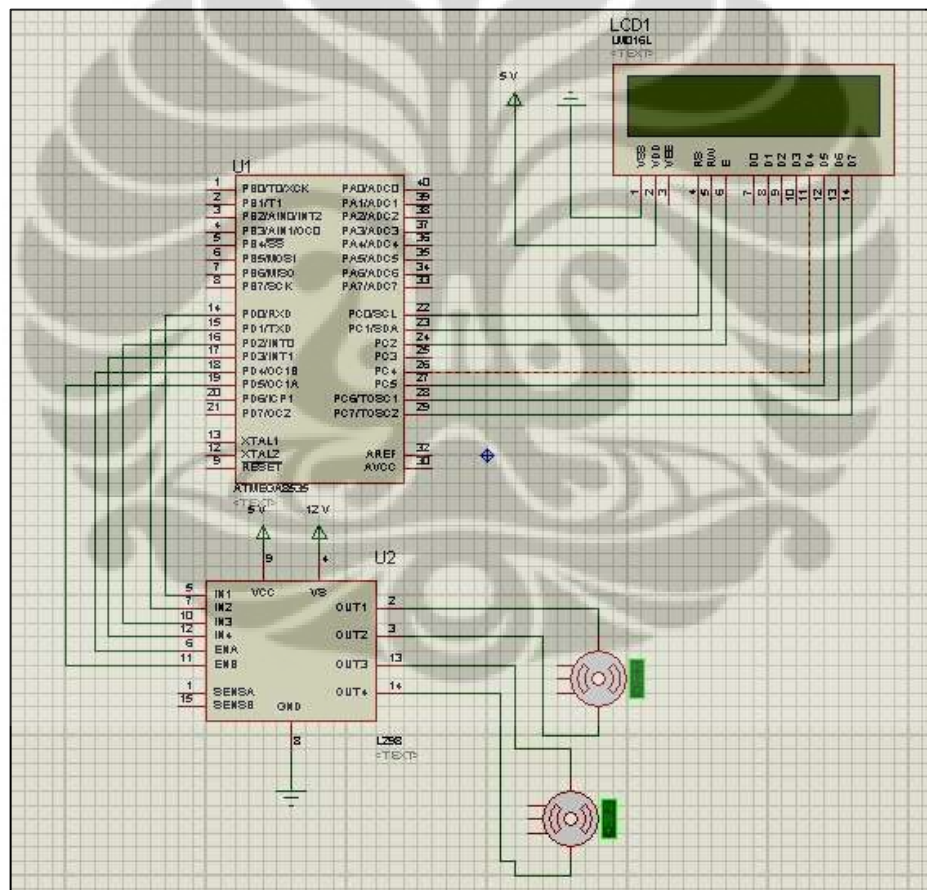
Gambar 3.3 Rangkaian sederhana sensor cahaya ldr

### 3.2.2 Sistem Minimum Mikrokontroler Atmega 8535

Pada blok diagram tersebut, sistem minimum mikrokontroler atmega 8535 sebagai pengendali utama. Sistem minimum mikrokontroler atmega 8535 berfungsi sebagai pengendali *motor DC encoder*, menampilkan intensitas cahaya yang dikonversi oleh ADC (*Analog Digital Converter*) dalam bentuk bilangan bulat, dan menampilkan jarak geser yang ditempuh oleh sensor cahaya baik pada jarak *horizontal* maupun *vertikal*. Dalam pengendalian *motor dc*, sistem minimum mikrokontroler tersebut

dihubungkan ke driver *Motor DC L298*. Driver *Motor DC* berfungsi sebagai penguat arus. Pin *out* pada driver tersebut dihubungkan ke *input motor dc*.

Sistem Minimum mikrokontroler ATmega8535 dilengkapi dengan USB programmer, sehingga untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler melalui programming *software* bisa dengan menyambungkan kabel USB programmer ke dalam PC. Mikrokontroler ATMEGA 8535 mempunyai 40 kaki. 32 diantaranya merupakan *PORT I/O* yaitu *PORT A*, *PORT B*, *PORT C*, *PORT D*. masing-masing *PORT* tersebut memiliki 8 buah pin.



Gambar 3.4 Skematik minimum sistem atmega 8535 [10]

Dalam pengukur fokus lensa cekung berbasis mikrokontroler, penulis menggunakan empat *port* mikrokontroler atmega 8535. Penulis menggunakan *port A*,

*portB*, *portC* dan *portD*. *PortA* merupakan *port* untuk ADC. Penulis menggunakan sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistance*) beserta rangkaian pembagi tegangan sebagai pendeteksi intensitas cahaya. Nilai tegangan yang diperoleh dari *output* LDR dihubungkan ke *portA.1*. Penulis menggunakan *portA.1* sebagai *port* ADC. Sebelum *portA* digunakan sebagai *port* ADC, penulis mengkalibrasi ADC pada mikrokontroler Atmega 8535. Data hasil kalibrasi ADC terdapat pada tabel 4.7. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *portA* pada mikrokontroler atmega 8535 yang digunakan sebagai *port* ADC berfungsi dengan baik. Selanjutnya, penulis menggunakan *portB.0* dan *portB.1* sebagai timer. Timer ini difungsikan sebagai counter. *Portb.1* dan *portb.0* dihubungkan ke *output encoder motor dc*. Tegangan *input* sebesar  $\pm 5$  volt. Tegangan tersebut berasal dari mikrokontroler. *Output* untuk pulsa *encoder* dihubungkan ke *portB.1* atau *portB.0*. Saat *motor* diberi tegangan dan *motor* berputar, *encoder* menghasilkan pulsa. Dari pulsa *encoder* didapat data jarak tempuh sensor saat bergerak baik secara horisontal maupun *vertikal*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *portB* berfungsi dengan baik. Selanjutnya, penulis juga menggunakan *portc* untuk dihubungkan ke LCD. Semua hasil dari pengukuran ditampilkan di lcd. Gambar 3.3 dan gambar 3.4 menunjukkan LCD yang digunakan oleh penulis berfungsi dengan baik. Penulis juga menggunakan *portD* untuk dihubungkan ke driver *motor* L298. Gambar 3.5 dan hasilnya pergerakan *motor* menunjukkan bahwa *portD* berfungsi dengan baik. Dari semua keterangan tersebut, minimum sistem dan mikrokontroler atmega 8535 yang digunakan oleh penulis berfungsi dengan baik.

### 3.2.3 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD yang digunakan adalah LCD 16x2. Pada sistem pengukur panjang fokus lensa cekung yang dibuat oleh penulis, pin-pin lcd dihubungkan ke *portC* pada mikrokontroler atmega 8535. Pada blok diagram tersebut diterangkan bahwa hasil pembacaan LCD dan jarak yang ditempuh saat sensor bergerak ditampilkan kel LCD.

Berikut ini adalah salah satu contoh program LCD dan hasil yang ditampilkan di LCD.

```

$regfile = "m8535.dat"
$crystal = 11059200
$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

Do
Cls
Waitms 500
Lcd "Arif Rachmanto "
Lowerline
Lcd "Fisika UI"
wait 3
Loop
End

```

Gambar 3.5 Program tampilan LCD



Gambar 3.6 Hasil tampilan LCD

Modul LCD yang berukuran 16 karakter x 2 baris dengan fasilitas *backlighting* memiliki 16 pin yang terdiri dari 8 jalur data, 3 jalur control dan jalur-jalur catu daya.

a. Pin 1 dan 2

Merupakan samabungan catu daya, Vss, dan Vdd. Pin Vdd dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan Vss pada 0 volt atau ground.

**Universitas Indonesia**

Meskipun datasheet menentukan catu daya 5 Vdc, dengan tegangan 6, 4.5 bahkan 3 Vdc LCD dapat bekerja dengan baik.

b. Pin3

Merupakan pin control Vcc yang digunakan untuk mengatur kontras *display*. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bisa diubah untuk memungkinkan pengaturan terhadap kontras *display* sesuai dengan kebutuhan.

c. Pin 4

Merupakan register select (RS), masukan yang pertama dari tiga *command control input*. Dengan membuat RS menjadi high, data karakter dapat ditransfer dari dan menuju modulnya.

d. Pin5

Read/write (R/W). untuk memfungsikan sebagai perintah write maka R/W low atau menulis karakter ke modul. R/W high untuk membaca data karakter untuk membaca data karakter atau informasi status dari registernya.

e. Pin 6

*Enable (E)*, *input* ini digunakan untuk transfer actual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke *display*, data ditransfer hanya perpindahan high atau low. Tetapi ketika membaca *display*, data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari low ke high dan tetap tersedia hingga sinyal low lagi.

f. Pin 7 sampai 14

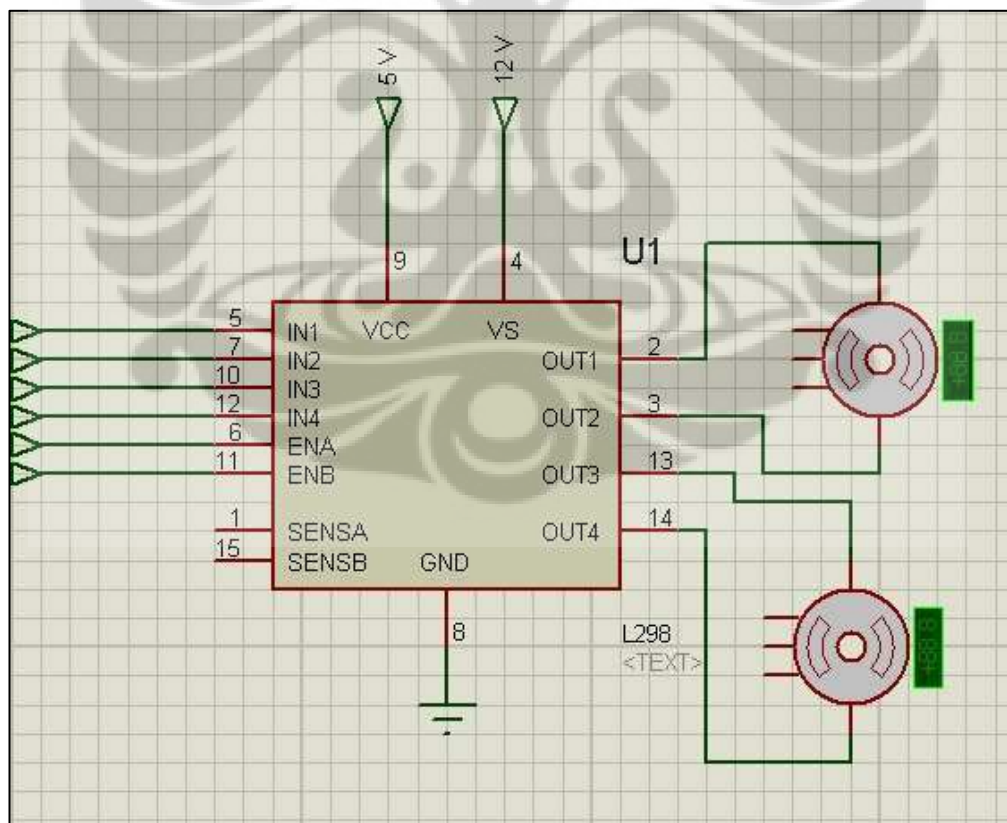
Pin 7 sampai 14 adalah delapan jalur data (D0-D7) dimana dapat ditransfer ke dan dari *display*.

g. Pin 15 dan 16

Pin 15 atau A (+) mempunyai level DC +5V berfungsi sebagai LED *backlight+* sedangkan pin 16 yaitu K(-) memiliki level 0v dan berfungsi sebagai LED *backlight -*.

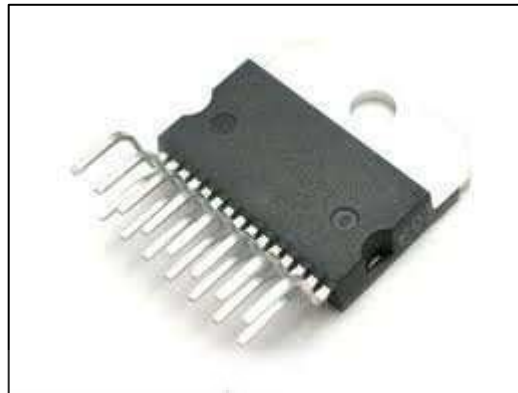
### 3.2.4 Driver Motor DC

*Driver motor DC* yang digunakan adalah IC L298. Keuntungan menggunakan IC tersebut adalah bisa mengendalikan dua *motor dc*, suplay voltase bisa mencapai 50 V dan kuat arus bisa mencapai 2 ampere. Arah putaran *Motor DC* dapat diatur dari polaritas *input*. *Input motor DC* dihubungkan ke out0,out1, out2 dan out3 IC L298. *Input motor DC* pertama dihubungkan ke ke out0 dan out1. *Input motor DC* kedua dihubungkan ke out2 dan out3. Apabila *Motor DC* ingin berputar searah jarum jam, makan *input* 1 dan 2 diberikan tegangan  $\geq 5$  volt dan  $\leq 12$ volt dan *input* 2 dan 4 diberikan tegangan 0 volt. Pada blok diagram, driver *motor DC* diberikan *input* oleh mikrokontroller. Output *motor DC* dihubungkan ke *input motor dc*. Berikut ini adalah gambar skematik driver *motor DC* mengendalikan *motor DC* dan gambar fisik *motor DC* :

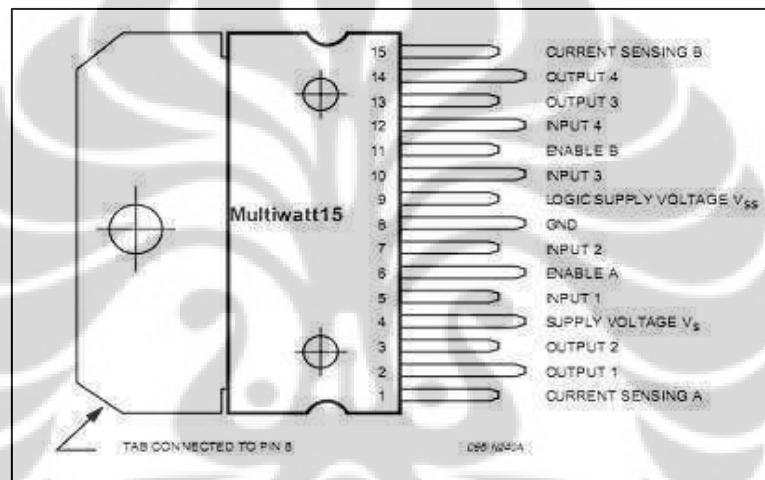


Gambar 3.7 Rangkaian *driver motor* IC L298





Gambar 3.8 Bentuk Fisik Driver *Motor* IC L298 [8]



Gambar 3.9 Pin kaki driver *motor* tipe L298 [7]

Rangkaian driver *motor* DC L298 digunakan untuk mengendalikan dua *motor* DC *encoder*. *Input motor* DC yang menggerakkan ulir pada jarak *horizontal* dihubungkan ke in0 dan in1 pada driver L298. *Input motor* DC yang menggerakkan ulir pada jarak *vertikal* dihubungkan ke in2 dan in3 pada driver L298. Kedua *motor* akan bergerak maju jika in0 dan in2 diberi tegangan 5 – 12 V dan in1 dan in3 dihubungkan ke ground. Begitu juga sebaliknya, kedua *motor* akan bergerak mundur jika in0 dan in2 dihubungkan ke ground dan in1 dan in3 diberi tegangan 5 – 12 V. Tegangan keluaran pada out0 dan out2 sekitar 10.38 volt. *Enable* A berfungsi untuk mengaktifkan in0 dan in1 dan *enable* B berfungsi untuk mengaktifkan in2 dan in3. Pengaktifan *enable* dengan memberikan tegangan pada *port enable*.

Berikut di bawah ini adalah salah satu contoh program yang dibuat oleh penulis untuk mengendalikan *motor dc*.

```

$regfile = "m8535.dat"
$crystal = 11059200
$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 Porta = Output
Do
Portd.5 = 1
Portd.4 = 1
Cls
Lcd " Kendali Motor "
Set Portd. 2
Reset Portd. 3
wait 10
Reset Portd.2
Set Portd.3
Wait 5
Loop
End

```

Gambar 3.10 Program pengendalian *motor dc*

Hasil dari program tersebut setelah di program ke mikrokontroler adalah *motor* yang menggerakkan ulir pada jarak *horizontal* berputar searah jarum jam. Sehingga sensor bergerak maju ke depan.

### 3.2.5 Motor DC with encoder

*Motor DC* dikendalikan oleh mikrokontroler melalui driver *motor dc*. Ada dua jenis *motor DC* yang digunakan dalam pembuatan alat pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroler, yaitu *motor DC encoder* tanpa *gear box* dan *motor*

*DC encoder* dengan gear box. *Motor DC encoder* dengan gear box digunakan untuk menggerakkan beban yang berat dan sensor pada jarak *horizontal*. *Motor DC* tanpa gearbox digunakan untuk menggerakkan sensor pada jarak *vertikal*. Kedua *motor* tersebut bekerja pada tegangan 5 – 12 volt. Semakin tinggi tegangan yang diberikan semakin besar kecepatan putar *motor* tersebut. Jika *motor DC* tersebut bagian kabel positif diberi tegangan 5 – 12 V dan kabel ground dihubungkan ke ground maka *motor* tersebut berputar searah jarum jam, begitu sebaliknya jika bagian kabel positif dihubungkan ke ground dan kabel ground diberi tegangan 5 – 12 V maka *motor* tersebut berputar berlawanan jarum jam. Berikut di bawah ini adalah gambar *motor DC* yang digunakan dalam penelitian :



Gambar 3.11 MTR-DSR01 *motor DC* with *encoder*

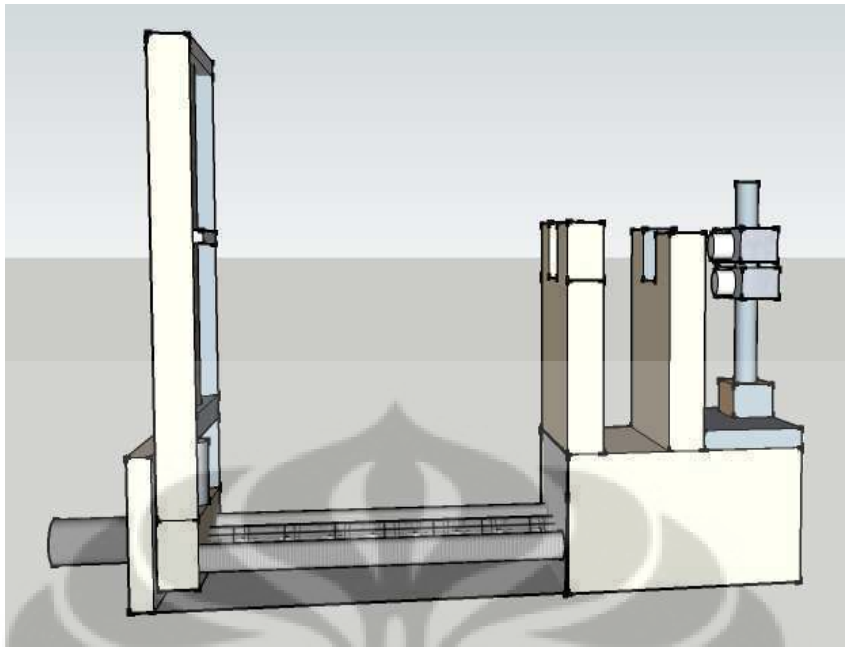


Gambar 3.12 EMG 30 *motor DC* with *encoder*

Sebelum *motor DC* digunakan untuk mengambil data, penulis memastikan *motor DC* tersebut berjalan dengan baik. Pengetesan tersebut dengan cara memberikan tegangan dari 6 v- 12 v lalu dihitung kecepatan sensor bergerak pada jarak *horizontal*. Pengujian tersebut dilakukan kepada kedua *motor DC* yang digunakan oleh penulis. Tabel hasil data pengujian terdapat di lampiran tabel A.8 dan A.9. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar tegangan *input* yang diberikan ke *motor DC* semakin cepat kecepatan sensor bergerak pada jarak *horizontal*. Hasil pengujian yang bagus dan lancar tersebut menunjukkan bahwa kedua *motor DC* tersebut dapat digunakan dengan baik.

### 3.2.6 Perancangan mekanik

Mekanik yang dirancang oleh penulis, mekanik tersebut dapat bergerak ke arah sumbu-x dan sumbu-y. Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk membuat mekanik alat pengukur fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller adalah ulir, besi yang berbentuk pipa, plastic PE, seng, penggaris besi, acrylic, baut, dan sensor cahaya LDR. Sensor cahaya digerakkan dengan menggunakan ulir dan *motor DC encoder*. Putaran ulir digerakkan oleh *motor DC encoder*. Sensor cahaya LDR dipasang di bagian ulir vertical. Sama seperti ulir bagian *horizontal*, ulir bagian vertical dan sensor cahaya LDR yang dipasang digerakkan oleh ulir yang diputar oleh *motor DC encoder*.



Gambar 3.13 Sketsa sistem pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller



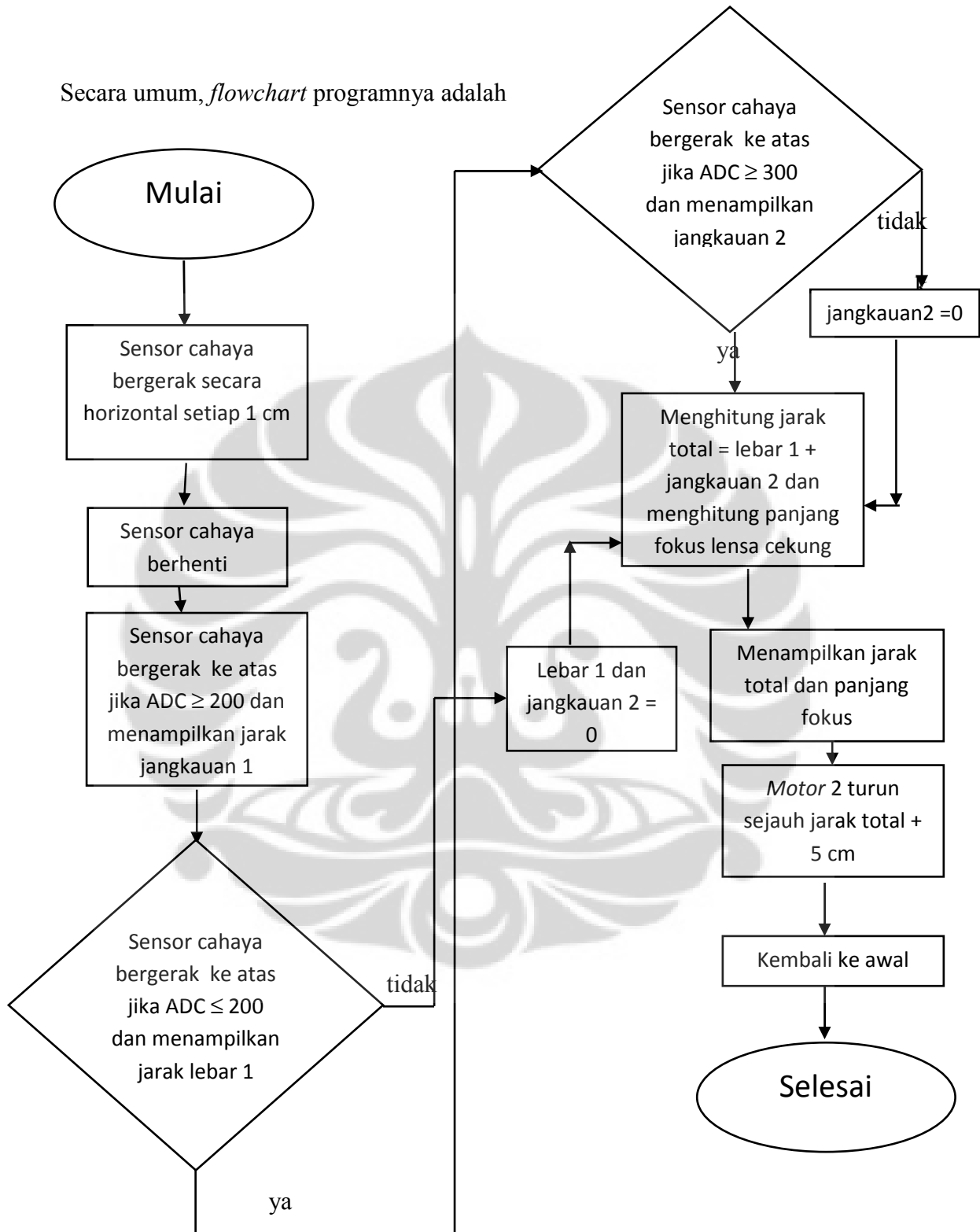
Gambar 3.14 Sistem pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller

### 3.4 Perangkat Lunak ( Program)

Penulis menggunakan program BASCOM untuk memprogram mikrokontroller. Program inti dari alat pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller adalah program ADC dan program pengaturan jarak dengan *motor DC encoder*. Secara garis besar, program mikrokontrollernya adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan mikrokontroller yang digunakan
- b. Konfigurasi *PORT* yang digunakan untuk ADC dan LCD
- c. Menentukan posisi sensor pada jarak *horizontal* dan persebaran cahaya yang keluar dari lensa cekung dengan menggunakan *encoder*
- d. Konversi ADC 10 bit
- e. Perhitungan besar fokus lensa
- f. Tampilkan posisi sensor pada jarak *horizontal*, jarak persebaran cahaya yang keluar dari lensa cekung dan jarak fokus lensa.

Secara umum, *flowchart* programnya adalah



Gambar 3.15 *Flowchart* program pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller

Pada program pengukur panjang fokus lensa cekung, penulis menamakan *motor* yang menggerakkan sensor pada jarak *horizontal* sebagai *motor* bawah dan *motor* yang menggerakkan sensor pada jarak *vertikal* sebagai *motor* atas. Berikut ini adalah keterangan *flowchart* program pengukur panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroler : Sistem pengukur panjang fokus lensa cekung mulai bekerja. *Motor* bawah menggerakkan sensor cahaya pada jarak *horizontal* setiap satu cm. Setelah sensor cahaya bergerak satu cm pada jarak horiozontal, *motor* bawah berhenti sehingga sensor cahaya berhenti. Setelah itu, *motor* atas mulai berputar dan menggerakkan sensor pada jarak *vertikal*. Pertama, sensor cahaya terus bergerak ke atas jika  $ADC (Analog Digital Converter) \geq 200$ . Saat  $ADC \leq 200$ , sensor berhenti sejenak dan jarak yang ditempuh *motor* dari awal bergerak sampai berhenti dinamakan jangkauan 1. Maksud dari  $ADC \geq 200$  adalah penulis menyebut keadaan terang saat  $ADC \leq 200$ . Nilai ADC diperoleh dari intensitas yang terdeteksi oleh sensor cahaya, lalu intensitas tersebut diubah oleh ADC (*Analog Digital Converter*) menjadi bilangan bulat. Setelah berhenti sejenak, sensor cahaya bergerak jika  $ADC \leq 200$ . Saat  $ADC \geq 200$ , sensor berhenti sejenak dan jarak yang ditempuh *motor* dari awal bergerak sampai berhenti dinamakan lebar 2. Setelah berhenti sejenak, sensor cahaya bergerak jika  $ADC \geq 300$ . Saat  $ADC \leq 300$ , sensor berhenti sejenak dan jarak yang ditempuh *motor* dari awal bergerak sampai berhenti dinamakan jangkauan3. Lalu, mikrokontroler menghitung jarak total dan panjang fokus lensa cekung. Besar jarak total adalah lebar 1 + jangkauan2. Setelah itu, mikrokontroler menampilkan jarak total dan panjang fokus lensa cekung. Lalu sensor cahaya bergerak ke bawah sejauh jarak total + 5 cm.

Namun, jika sensor cahaya tidak dapat mendeteksi  $ADC \leq 200$  setelah sensor cahaya mendeteksi jangkauan 1, mikrokontroler akan menghitung lebar1 dan jangkauan 2 = 0. Jika sensor cahaya tidak dapat mendeteksi  $ADC \leq 300$  setelah sensor cahaya mendeteksi lebar1, mikrokontroler akan menghitung jangkauan2 = 0.



## BAB 4

### HASIL DAN ANALISA DATA

Pada bab ini akan dibahas hasil penelitian dan analisa hasil penelitian. Dari hasil dan analisa penelitian didapatkan ketelitian dan error alat yang dibuat oleh penulis. Sebelum mengambil percobaan data panjang fokus lensa cekung, penulis mengkalibrasi *motor DC Encoder*, ADC pada mikrokontroller dan sensor cahaya LDR ( *Light Dependent Resistance*). Pengkalibrasian harus dilakukan sebelum mengambil data panjang fokus lensa cekung, bertujuan memastikan alat yang digunakan berjalan dengan baik dan melihat ketelitian alat yang digunakan. Berikut data- data beserta analisisnya

#### 4.1 Data Kalibrasi Motor DC EMG30

*Motor DC EMG30* digunakan untuk menggerakkan sensor pada jarak *horizontal*. Pengkalibrasian *motor DC encoder EMG-30* dilakukan dengan membandingkan jarak yang terukur dengan penggaris (jarak sebenarnya) dengan jarak yang terbaca pada mikrokontroller. Sensor cahaya bergerak karena *motor DC* berputar. *Encoder* dihubungkan ke motor dc. Saat *motor DC* berputar, *Encoder* menghasilkan pulsa. Jarak yang terbaca pada mikrokontroller dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$x = w / n \quad (4.1)$$

dimana

$x$  = jarak yang terbaca pada mikrokontroller (cm)

$w$  = jumlah pulsa yang dihasilkan oleh *Encoder* saat sensor cahaya bergerak menempuh suatu jarak (cm)

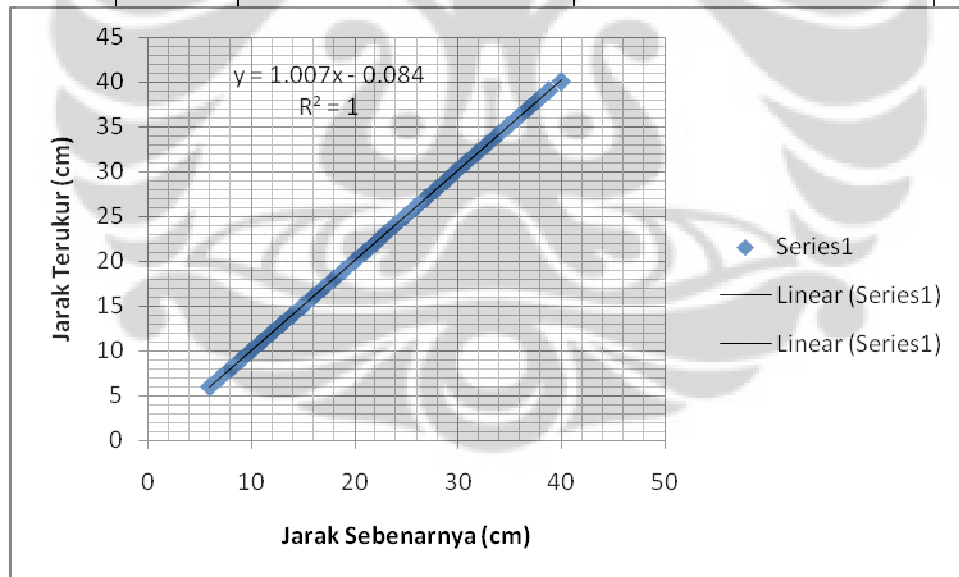
$n$  = jumlah pulsa/1 cm

Jarak *horizontal* awal sensor cahaya dari lensa cekung adalah 40 cm. Saat motor berputar searah jarum jam, sensor cahaya bergerak mendekati lensa cekung. Berikut data kalibrasi *motor DC* EMG 30.

Tabel 4.1 Hasil data kalibrasi *motor DC* EMG30

No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Terukur (cm)
0	40	40
1	39	38.8
2	38	37.8
3	37	36.8
4	36	35.8
5	35	34.8
6	34	33.8
7	33	32.8
8	32	31.8
9	31	30.8
10	30	29.8
11	29	28.9
12	28	27.9
13	27	26.9
14	26	25.9
15	25	24.9
16	24	23.9
17	23	22.9
18	22	22
19	21	21
20	20	20
21	19	19

No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak Terukur (cm)
22	18	18
23	17	17
24	16	16
25	15	15
26	14	14
27	13	13
28	12	12
29	11	11
30	10	10
31	9	9
32	8	8
33	7	7
34	6	6



Gambar 4.1 Grafik hasil kalibrasi *motor DC EMG30*

Data dan gambar di atas menggambarkan kalibrasi *motor DC EMG30*. Dari data tersebut terlihat semakin jauh jaraknya semakin akurat pembacaan jarak terukur. Sebelum penulis mengkalibrasi jarak *horizontal*, penulis mencari faktor kalibrasi.

**Universitas Indonesia**

Faktor kalibrasi menentukan seberapa bagusnya hasil kalibrasi. Metode yang digunakan untuk menentukan faktor kalibrasi dengan menentukan rata-rata counter/cm. Penulis sudah mencoba beberapa metode untuk menentukan faktor kalibrasi, diantaranya adalah dengan menggunakan fungsi transfer. Hasil kalibrasi dengan menggunakan fungsi transfer memiliki error cukup besar. Saat jarak sebenarnya sebesar 44 cm, jarak yang terukur sebesar 58,1 cm. Ketidakteelitian sebesar tersebut dikarenakan error per cm terakumulasi sampai jarak akhir. Oleh karena itu, penulis menentukan faktor kalibrasi dengan metode mengukur counter per cm. Penulis menggunakan metode tersebut dikarenakan error per cm tidak terakumulasi sampai jarak akhir.

#### 4.2 Data Kalibrasi Motor DC Encoder MTR DSR-01

*Motor DC* MTR DSR-01 digunakan untuk menggerakkan sensor pada jarak vertikal. Pengkalibrasian *motor DC encoder* MTR DSR-01 dilakukan dengan membandingkan jarak yang terukur dengan penggaris dengan jarak yang terbaca pada mikrokontroler. Sensor cahaya bergerak karena *motor DC* berputar. *Encoder* dihubungkan ke motor dc. Saat *motor DC* berputar, *Encoder* menghasilkan pulsa. Jarak yang terbaca pada mikrokontroler dapat dicari dengan persamaan (4.1).

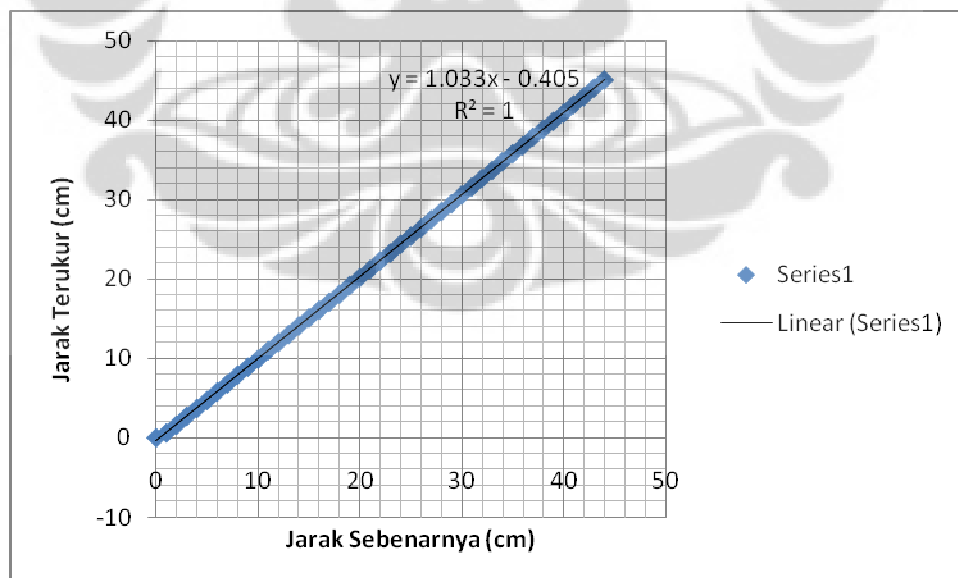
Jarak vertikal awal sensor cahaya dari lensa cekung adalah 0 cm. Saat motor berputar searah jarum jam, sensor cahaya bergerak ke atas. Berikut ini adalah hasil kalibrasi *motor DC* MTR DSR-01

Tabel 4.2 Hasil kalibrasi *motor DC* MTR DSR-01

No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak terukur (cm)
0	0	0
1	1	0.6
2	2	1.6
3	3	2.7

No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak terukur (cm)
4	4	3.7
5	5	4.7
6	6	5.8
7	7	6.8
8	8	7.9
9	9	8.9
10	10	9.9
11	11	11
12	12	12
13	13	13
14	14	14.1
15	15	15.1
16	16	16.1
17	17	17.1
18	18	18.1
19	19	19.2
20	20.2	20
21	21.2	21
22	22.3	22
23	23.3	23
24	24.4	24
25	25.4	25
26	26.4	26
27	27.5	27
28	28.5	28
29	29.5	29
30	30.6	30

No	Jarak Sebenarnya (cm)	Jarak terukur (cm)
31	31.6	31
32	32.7	32
33	33.7	33
34	34.8	34
35	35.8	35
36	36.8	36
37	37.9	37
38	38.9	38
39	39.9	39
40	40.9	40
41	42	41
42	43	42
43	44.1	43
44	45.1	44



Gambar 4.2 Grafik hasil kalibrasi *motor DC MTR DSR-01*

Data dan gambar di atas menggambarkan *motor DC* yang menggerakkan sensor pada jarak vertikal. Sebelum penulis mengkalibrasi jarak *horizontal*, penulis mencari faktor kalibrasi. Faktor kalibrasi menentukan seberapa bagusnya hasil kalibrasi. Metode yang digunakan untuk menentukan faktor kalibrasi dengan menghitung counter sampai jarak terakhir, lalu counter tersebut dibagi dengan jarak terakhir. Input yang diberikan ke *motor DC encoder* sebesar 12 volt. *Motor DC encoder* bergerak dari jarak 0 cm sampai 44 cm. Setelah itu, dihitung jumlah counter dan counter tersebut dibagi 44 cm.

Ada beberapa metode untuk menentukan faktor kalibrasi, diantaranya adalah dengan menggunakan fungsi transfer, menentukan rata-rata counter/cm dan menghitung counter sampai jarak terakhir lalu counter tersebut dibagi dengan total jarak. Penulis sudah menggunakan metode fungsi transfer. Dengan menggunakan metode tersebut, ketidaktelitiannya sangat besar. Saat jarak sebenarnya 44 cm, jarak yang terukur sebesar 58,1 cm. Lalu penulis menggunakan metode menentukan rata-rata counter/cm. Ketidaktelitiannya lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan metode fungsi transfer. Saat jarak sebenarnya 44 cm, jarak yang terukur sekitar 46,8 cm. Akhirnya penulis menggunakan metode menghitung counter sampai jarak terakhir lalu counter tersebut dibagi dengan total jarak. Metode tersebut memiliki ketidaktelitian paling kecil diantar ketiga metode yang penulis gunakan. Saat jarak sebenarnya 44 cm, jarak yang terukur 45,1 cm. Saat menentukan data terukur untuk kalibrasi, penulis menggerakkan *motor DC* dengan kekuatan tangan. Saat menentukan data terukur untuk kalibrasi penulis menggerakkan *motor DC* dengan tegangan 12 volt, jarak 44 cm terbaca di lcd sebesar 44 cm. Perbedaan cara menggerakkan *motor DC* tersebut mempengaruhi hasil data kalibrasi. Hal tersebut dikarenakan lintasan motor sedikit tidak rata.

#### **4.3 Data Kalibrasi ADC**

ADC adalah suatu perangkat yang mengubah suatu data kontinyu terhadap waktu (analog) menjadi suatu data diskrit terhadap waktu (digital). Penulis menggunakan

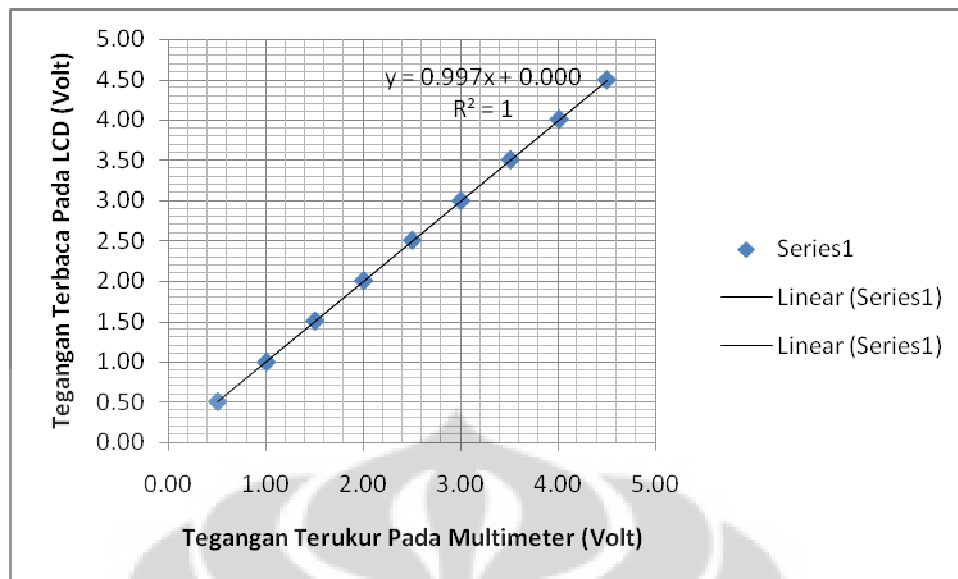
**Universitas Indonesia**

PORTA.1 sebagai port adc. PORTA.1 dihubungkan ke pembagi tegangan potensiometer. Besar tegangan yang diberikan ke potensiometer sebesar 0 – 4,96 volt. Tegangan output yang keluar dari potensiometer dihubungkan juga ke multimeter. Selanjutnya, penulis membandingkan tegangan yang terukur oleh multimeter dengan tegangan yang terbaca oleh lcd 16 x 2.

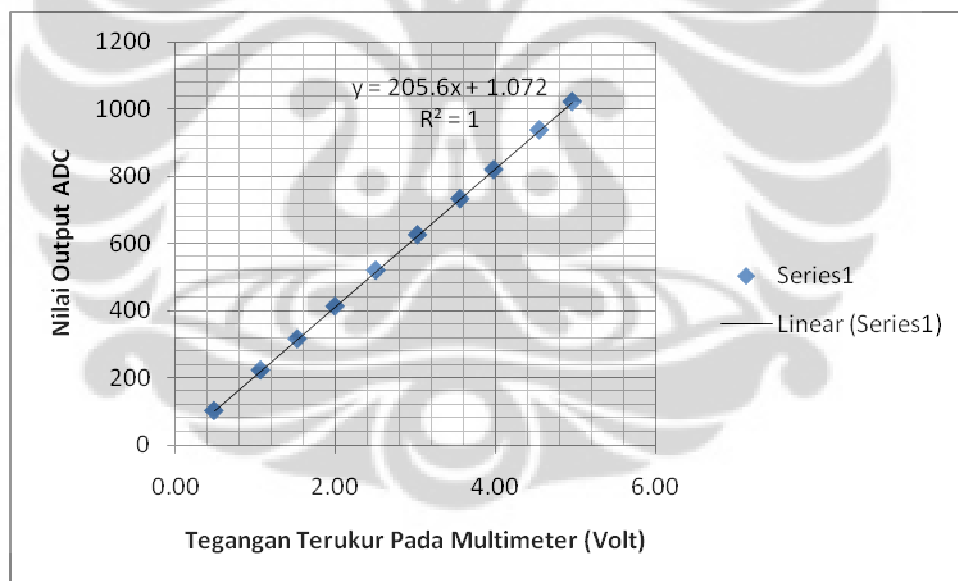
Tabel 4.3 Kalibrasi ADC

No	Tegangan Terukur Oleh Multimeter (Volt)	Tegangan Terukur Oleh Mikrokontroler (Volt)	Nilai ADC
1	0.49	0.49	101
2	1.07	1.07	222
3	1.53	1.53	315
4	2.00	2.00	412
5	2.51	2.52	519
6	3.03	3.03	625
7	3.56	3.56	732
8	3.98	3.98	819
9	4.55	4.55	937
10	4.96	4.96	1021





Gambar 4.3 Kalibrasi Antara tegangan yang terukur oleh multimeter dengan tegangan yang terbaca di lcd



Gambar 4.4 Hubungan antara tegangan yang terukur dengan nilai output ADC

Gambar grafik kalibrasi antara tegangan multimeter dengan tegangan yang terbaca oleh lcd memiliki hubungan linear. Hal tersebut menunjukkan bahwa adc yang terdapat pada mikrokontroler atmega 8535 masih berfungsi dengan baik.

Gambar 4.3 menunjukkan hasil kalibrasi antara tegangan yang terukur oleh multimeter dengan tegangan yang terbaca oleh lcd. Gambar 4.4 menunjukkan tegangan yang terukur berbanding lurus dengan nilai ADCnya. Kedua gambar memiliki  $R^2$  sebesar 1, artinya grafik tersebut benar-benar linier. Kedua grafik tersebut menunjukkan bahwa ADC yang terdapat pada mikrokontroler atmega 8535 yang penulis gunakan masih berfungsi dengan baik.

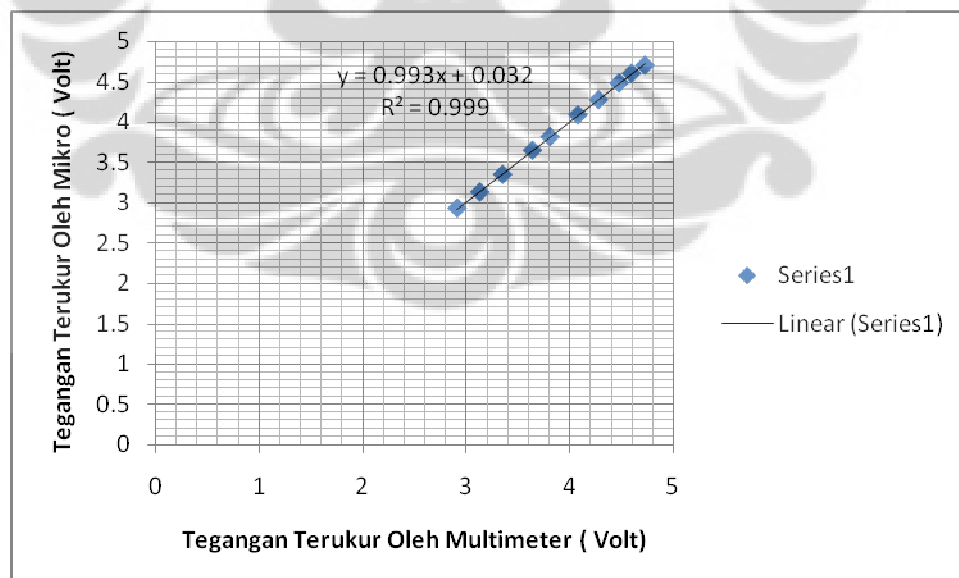
#### **4.4 Data Kalibrasi Sensor Cahaya**

Sensor cahaya yang digunakan dalam penelitian adalah LDR ( *Light Dependent Resistance* ) beserta rangkaian pembagi tegangan. Masyarakat umum mengenal sensor tersebut dengan nama fotoreresistor. Jika sensor tersebut diberi cahaya maka tegangan yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan sensor tersebut kecil. Semakin besar intensitas cahaya yang diberikan semakin kecil tegangan keluarannya. Sebelum sensor tersebut digunakan dalam penelitian, sensor tersebut harus dikalibrasi. Pengkalibrasian sensor harus dilakukan dengan tujuan memastikan sensor tersebut berfungsi dengan baik dan mengurangi error yang ditimbulkan dari sensor. Sumber cahaya yang digunakan untuk mengkalibrasi sensor cahaya tersebut adalah cahaya laser yang telah dibiaskan oleh lensa cekung. Selanjutnya sensor digerakkan mendekati cahaya. Lalu penulis mengukur tegangan dengan multimeter, tegangan yang terukur oleh mikrokontroler, ADC dan intensitas cahaya. Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan luxmeter. Intensitas cahaya menunjukkan terang tidaknya suatu cahaya. Semakin besar intensitasnya semakin terang cahayanya. Ada 10 data yang diambil oleh penulis. Berikut data kalibrasi sensor cahaya LDR ( *Light Dependent Resistance* ) yang digunakan oleh penulis :

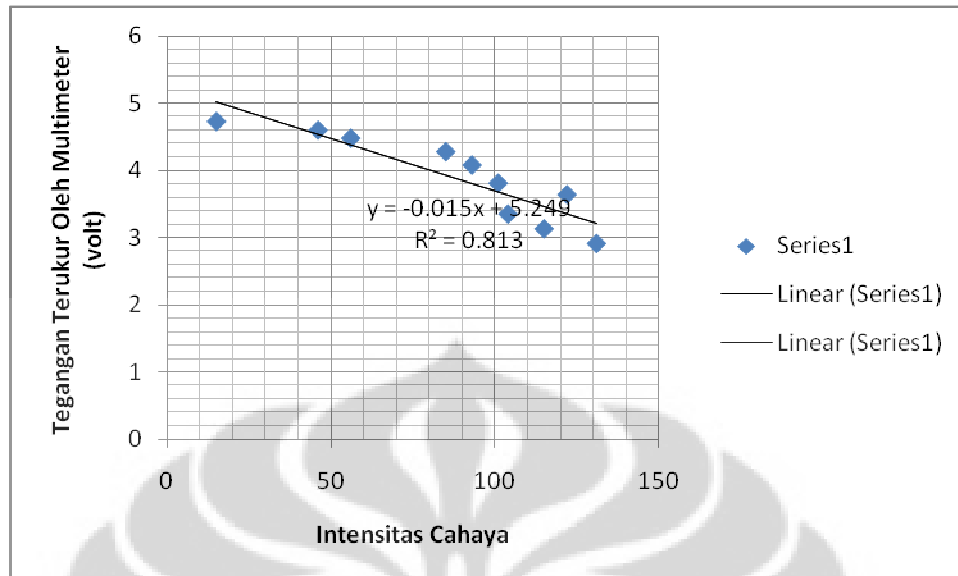
Tabel 4.4 Data kalibrasi sensor cahaya

No	tegangan terukur oleh mikro ( Volt)	Tegangan terukur oleh multimeter ( Volt)	Nilai ADC	intensitas cahaya (Lux)
1	4.71	4.73	970	15
2	4.61	4.6	949	46
3	4.49	4.48	927	56
4	4.28	4.28	881	85
5	4.09	4.08	842	93
6	3.82	3.81	787	101
7	3.65	3.64	751	122
8	3.35	3.35	689	104
9	3.13	3.13	644	115
10	2.93	2.91	604	131

Dari tabel 4.4 di atas tegangan yang terukur oleh mikro dengan tegangan yang terukur oleh mikro tidak berbeda jauh. Supaya lebih jelas lagi, bisa dilihat dalam grafik di bawah ini



Gambar 4.5 Perbandingan antara tegangan yang terukur oleh multimeter dengan tegangan yang terbaca di lcd



Gambar 4.6 Kalibrasi antara tegangan yang terukur oleh multimeter dengan intensitas cahaya

Dari grafik tersebut terlihat tegangan yang terukur oleh mikro berbanding lurus dengan tegangan yang terukur oleh multimeter dan mempunyai hubungan yang linear. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor cahaya LDR (*Light Dependent Resistance*) yang digunakan oleh penulis berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk penelitian ini.

#### 4.5 Data Pengukuran Panjang Fokus Lensa Cekung Menggunakan Mikrokontroller

Lensa cekung memiliki sifat divergen. Maksud divergen adalah menyebarkan cahaya. Sehingga titik panjang fokus lensa cekung tidak berada di belakang lensa melainkan di depan lensa. Oleh karena itu lensa cekung memiliki titik panjang fokus negatif. Lensa cekung yang digunakan untuk penelitian adalah lensa tipis. Maksud dari lensa tipis adalah ketebalan lensa tersebut lebih kecil dibandingkan dengan jarak yang berhubungan dengan sifat optik lensa tersebut, seperti jarak panjang fokus primer dan sekunder, jarak benda, dan jarak bayangan.

Penulis menggunakan tiga jenis lensa cekung yang memiliki panjang panjang fokus berbeda, yaitu lensa cekung yang memiliki panjang panjang fokus 5 cm, 10 cm dan 20 cm. Penulis melakukan tiga kali pengambilan data untuk masing-masing panjang panjang fokus lensa cekung. Lensa cekung tersebut diletakkan di pemegang lensa, lalu lensa tersebut ditembaki dua sinar laser hijau yang sejajar. Lalu timbullah sinar yang dibiaskan dari lensa tersebut. Semakin jauh jarak layar dari lensa semakin besar jarak persebaran sinar yang dibiaskan dan jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang dibiaskan oleh lensa cekung. Jarak dari layar ke lensa dinamakan jarak geser. Semakin kecil jarak geser semakin kecil jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang dibiaskan oleh lensa cekung.

Metode yang digunakan adalah dengan mendeteksi jarak geser dan jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang dibiaskan oleh lensa cekung dan memasukkan nilai kedua jarak tersebut ke persamaan (3.5). Sensor cahaya bergerak setiap 1 cm, setelah itu sensor bergerak ke atas mendeteksi jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang dibiaskan oleh lensa cekung.. Berkas cahaya laser yang dibiaskan dari lensa, berkas tersebut akan menjadi besar. Contoh pembesaran berkas seperti pada gambar berikut :



Gambar 4.7 Berkas cahaya yang dibiaskan oleh lensa cekung

Sensor mendeteksi jarak antara berkas 1 dengan berkas 2. Jadi sensor mendeteksi bagian gelap. Penulis menamakan bagian tersebut jangkauan 2. Jarak jangkauan 2 tersebut yang dimaksud sebagai jarak antara dua berkas cahaya sejajar yang dibiarkan oleh lensa cekung. Jarak jangkauan 2 tersebut digunakan dalam perhitungan jarak panjang fokus. Setelah mendeteksi jarak jangkauan2, sensor bergerak ke bawah sejauh jangkauan2 + lebar 1 + 5 cm. Setelah bergerak ke bawah, sensor bergerak ke depan sejauh 1 cm dan mendeteksi jangkauan2. Begitu seterusnya hingga didapatkan 10 data. Data lengkap berada pada lampiran. Berikut ini adalah data rata-rata panjang fokus yang terukur oleh mikrokontroler secara langsung dan hasil pengolahan data dengan metode *leastsquare* :

Tabel 4.5 Hasil pengukuran panjang fokus lensa cekung menggunakan mikrokontroler

No	Panjang Panjang fokus Lensa	Rerata Panjang fokus1 (cm)	Rerata Panjang fokus 2 (cm)	Rerata Panjang fokus 3 (cm)	Rerata Keseluruhan (cm)
1	5 cm	4.1	4.2	4.2	4.2
2	10 cm	9.7	9.7	9.7	9.7
3	20 cm	20.3	21	19.5	20.3

Tabel 4.6 Hasil pengolahan data panjang fokus lensa cekung menggunakan metode *leastsquare*

No	Panjang Panjang fokus Lensa (cm)	Panjang Panjang fokus Percobaan1 (cm)	Kesalahan Literatur 1	Panjang Panjang fokus Percobaan 2 (cm)	Kesalahan Literatur 2
1	5	$4.1 \pm 0.1$	18.4%	$3.8 \pm 0.1$	24.8 %
2	10	$9.9 \pm 0.1$	0.3 %	$8.6 \pm 0.4$	14.4%
3	20	$18.2 \pm 0.5$	8.7 %	$19.5 \pm 1.6$	2.5%

Universitas Indonesia

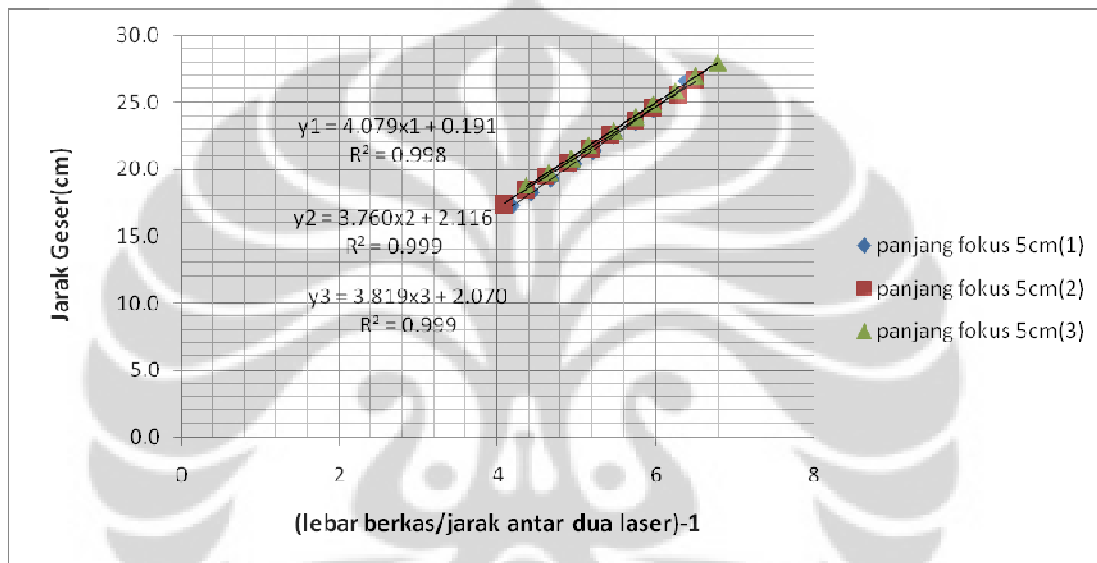
No	Panjang Panjang Lensa (cm)	Panjang Panjang fokus Percobaan 3 (cm)	Kesalahan literatur 3
1	5	$3.8 \pm 0.1$	23.6%
2	10	$9.7 \pm 0.4$	2.9%
3	20	$19.3 \pm 0.9$	3.7%

Persamaan *leastsquare* yang digunakan untuk pengolahan data adalah sebagai berikut

$$Cx = f \left( \frac{aa'}{AA'} - 1 \right)$$

Pengukuran panjang panjang fokus lensa cekung menggunakan mikrokontroller memiliki kesalahan literatur terbesar pada pengukuran panjang panjang fokus 5 cm. Pengambilan pertama memiliki kesalahan literatur 18.4 %, pengambilan kedua memiliki kesalahan literatur 24.8% dan pengambilan ketiga memiliki kesalahan literatur 23.6 %. Kesalahan literatur yang begitu besar pada pengukuran panjang fokus lensa cekung, disebabkan beberapa faktor. Faktor tersebut diantaranya adalah ketidakteelitian sensor cahaya dalam pembacaan jarak, ketidaksensitifnya sensor cahaya dalam mendeteksi intensitas batas gelap dan terang, pabrik salah mencantumkan nilai panjang fokus referensi dan adanya kecacatan lensa.

Penulis memperkirakan faktor terbesar yang menyebabkan kesalahan literatur begitu besar adalah kecacatan lensa. Kecacatan lensa yang dialami adalah aberasi sferis. Kecacatan tersebut dikarenakan jari-jari kelengkungan lensa tidak merata. Penulis juga sudah mengecek pengukuran panjang panjang fokus ke toko optik. Panjang fokus yang terukur di toko optik sebesar 5 cm. Penulis sudah mencoba secara langsung pengukuran panjang fokus 5cm. Saat diukur jarak 5 cm dengan penggaris, cahaya yang terlihat tidak fokus. Pengukuran tersebut dilakukan berulang-ulang.



Gambar 4.8 Grafik data panjang panjang fokus lensa cekung 5cm

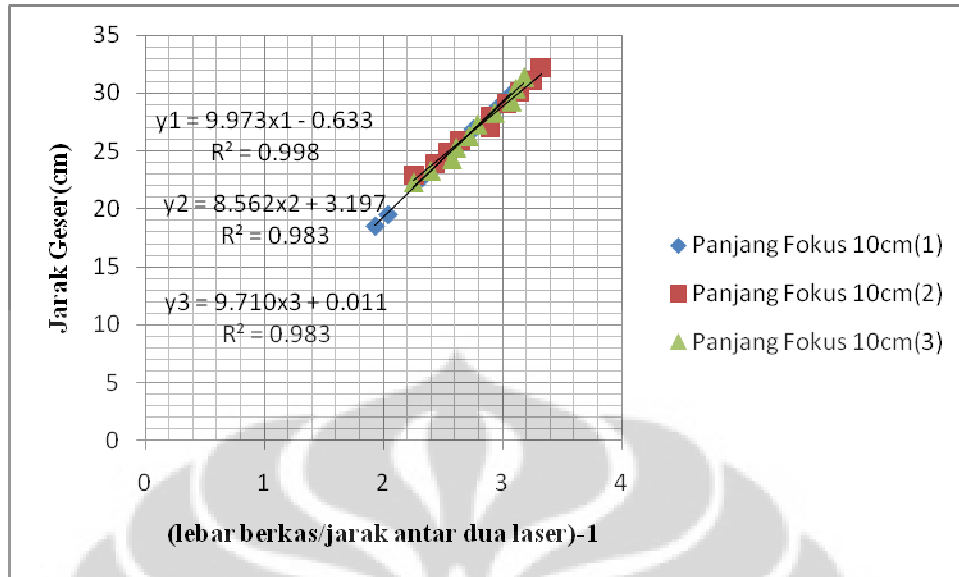
Gambar di atas merupakan grafik yang menggambarkan tiga kali pengukuran panjang fokus 5 cm. Ketiga pengukuran yang dilakukan memiliki kemiringan linear. Kemiringan linear ditunjukkan pada  $R^2$ . Semakin nilai  $R^2$  mendekati 1 semakin linear.

Pengambilan data untuk panjang fokus 10 cm memiliki kesalahan literatur lebih kecil dibandingkan pengambilan data untuk panjang fokus 5 cm. Penulis melakukan tiga kali pengambilan data. Data untuk panjang fokus 10 cm memiliki kesalahan literatur 14.4%, 2.9%, dan 8.7%. Faktor yang menyebabkan kesalahan relatif cukup besar adalah laser mulai redup. Sehingga penulis sedikit merubah ulang susunan mekanik.

**Universitas Indonesia**

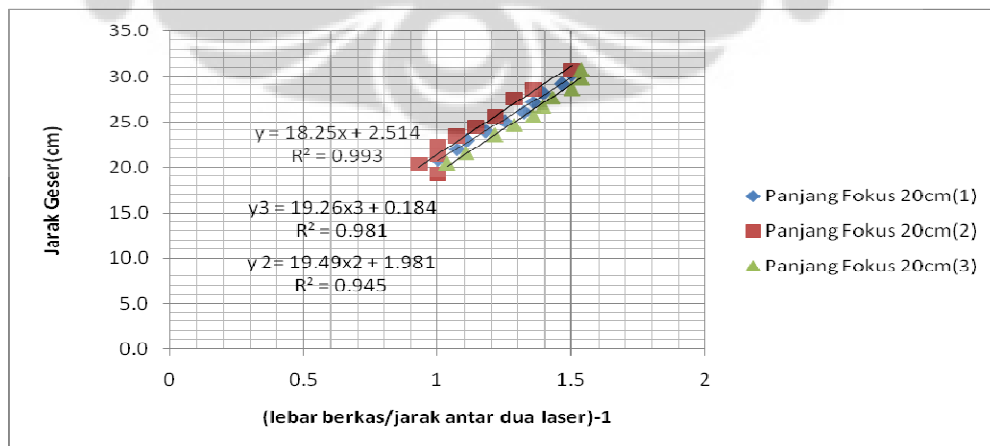


Di bawah ini adalah gambar grafik data panjang fokus 10 cm :



Gambar 4.9 Grafik data panjang panjang fokus lensa cekung 10cm

Panjang fokus terakhir lensa cekung yang digunakan untuk pengukuran adalah 20 cm. Penulis melakukan tiga kali pengambilan data. Data untuk panjang fokus 20 cm memiliki kesalahan literatur 8.7 %, 2.5%, dan 3.7%. Pengukuran panjang fokus 20 cm memiliki kesalahan literatur paling kecil dibandingkan dengan kedua pengambilan data sebelumnya. Pengambilan data untuk panjang fokus 20 cm cukup lancar. Tidak terkendala dengan redupnya laser. Sehingga tidak merubah ulang penyusunan mekanik. Di bawah ini adalah gambar grafik data panjang fokus 20 cm



Gambar 4.10 Grafik data panjang panjang fokus lensa cekung 20cm

Ketiga percobaan panjang fokus memiliki hubungan yang linear. Dari semua grafik percobaan panjang fokus dan tabel hasil pengukuran panjang fokus lensa cekung, dapat terlihat bahwa alat yang dibuat oleh penulis cukup presisi dan tidak cukup akurat. Sehingga alat tersebut dapat digunakan untuk mengukur panjang fokus lensa cekung.



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

- a. Hasil rerata pengolahan data fokus lensa cekung menggunakan metode leastsquare dengan literatur panjang fokus lensa cekung sebesar 5 cm adalah ( $3.9 \pm 0.1$ ) cm
- b. Hasil rerata pengolahan data fokus lensa cekung menggunakan metode leastsquare dengan literatur panjang fokus lensa cekung sebesar 10 cm adalah ( $9.4 \pm 0.3$ ) cm
- c. Hasil rerata pengolahan data fokus lensa cekung menggunakan metode leastsquare dengan literatur panjang fokus lensa cekung sebesar 20 cm adalah ( $19 \pm 1$ ) cm
- b. Ketidaksensitifan sensor cahaya, batang ulir yang tidak halus, sumber cahaya redup merupakan faktor penyebab error terbesar dalam pengukuran panjang panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroler

#### **5.2 Saran**

- a. Mendesain alat agar lebih kecil lagi dan dapat dipindahkan kemana saja (portable).
- b. Menggunakan batang ulir halus dalam pembuatan mekanik
- c. Menggunakan sumber cahaya yang memiliki intensitas terang dan stabil
- d. Menggunakan sumber sinar cahaya sejajar yang paraksial (dekat dengan sumbu utama) untuk menghindari aberasi sferis

## DAFTAR ACUAN

- [1] Glazebrook, R.T, & Shaw, W.N. *Practical Physics*. 1886. Demonstrators at The Cavendish Laboratory, Cambridge.
- [2] Jenkins, Francis A., & White, Harvey E. *Fundamental of Optics*. 1981. New York: Mc Graw-Hill Book Company.
- [3] Aby Saroyo, Ganijanti. *Gelombang dan Optika Edisi 3*. 1981. Jurusan Fisika FIPIA UI, Jakarta.
- [4] <http://staff.ui.ac.id/internal/040603019/material/DCMotorPaperandQA.pdf> [18 Juni 2012, pukul 10.45 WIB ]
- [5] <http://digilib.petra.ac.id> [19 Juni 2012, pukul 09.40 WIB)
- [6] <http://belajar-elektronika.com> 19 Juni 2012, pukul 09.41 WIB)
- [7] <http://npx21.blog.uns.ac.id/2010/07/17/atmega8535/> 19 Juni 2012, pukul 09.42 WIB)
- [8] [http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00000240.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00000240.pdf) ( 2 Mei 2012, pukul 13.50 WIB.)
- [9] [http://www.hvwtech.com/products\\_view.asp?ProductID=343](http://www.hvwtech.com/products_view.asp?ProductID=343) ( 2 Mei 2012, pukul 13.48 WIB )
- [10] <http://elektro-kontrol.blogspot.com> ( 2 Mei 2012, pukul 13.46 WIB.)
- [11] <http://fahmizaleeits.wordpress.com> ( 2 Mei 2012, pukul 13.42 WIB.)
- [12] <http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2502.pdf> ( 19 Juni 2012, pukul 09.37 WIB)
- [13] <http://all-thewin.blogspot.com/2011/02/mengukur-kecepatan-dengan-rotary.html> ( 2 Mei 2012, pukul 12.49 WIB.)
- [14] <http://www.cs-tele.com/mobile-phone-repairing-tools/tool-others.htm> ( 2 Mei 2012, pukul 12. 49 WIB.)
- [15] <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Fototransistor.JPG> ( 2 Mei 2012, pukul 12.57 WIB.)

- [16] [lab.binus.ac.id/pk/fileforum/sensortranduser.doc](http://lab.binus.ac.id/pk/fileforum/sensortranduser.doc) (5 Mei 2012, pukul 14.20 WIB).
- [17] <http://www.electronica2000.info/2007/09/05/fototransistor> ( 2 Mei 2012, pukul 13.06 WIB.)
- [18] [http://punyanurfitriani.blogspot.com/2010/09/led-dan-fotodioda\\_133.html](http://punyanurfitriani.blogspot.com/2010/09/led-dan-fotodioda_133.html) ( 2 Mei 2012, pukul 13.09)
- [19] <http://meriwardana.blogspot.com/2011/11/prinsip-kerja-motor-arussearah-dc.html> ( 2 Mei 2012, pukul 13.16 WIB.)
- [20] <http://my-diaryzone.blogspot.com/2010/04/lensa-adalah-benda-atau-material.html> (2 Mei 2012, pukul 13.13 WIB)
- [21] <http://www.scribd.com/doc/95731167/Rotary-Encoder> ( 16 Juni 2012, pukul 14.44 WIB.)
- [22] <http://edukasi.net/index.php?mod=script&cmd=Bahan%20Belajar/Modul%20Online/view&id=104&uniq=2105> (18 Juni 2012, pukul 10.37 WIB.)
- [24] [http://id.wikipedia.org/wiki/Aberasi\\_optik](http://id.wikipedia.org/wiki/Aberasi_optik) (18 Juni 2012, pukul 10.44 WIB.)
- [25] <http://konversi.wordpress.com/2009/06/12/sekilas-rotary-encoder/> (16 Juni 2012, pukul 15.05 WIB.)
- [26] Prasetyo, Ady. *Sistem Pengukur Panjang Fokus Lensa Berbasis Mikrokontroler (Skripsi Sarjana)*. Depok : s.n., Desember 7, 2011.

## LAMPIRAN A

### Hasil Pengukuran Data Counter Per Satu cm Pada Jarak Horizontal Menggunakan Mikrokontroller

Tabel A.1. Hasil pengukuran pertama data counter per satu cm pada jarak horizontal

Data Pertama			
No	Jarak (cm)	Counter	Counter/1cm
1	39	0	-
2	38	736	736
3	37	1318	582
4	36	1903	585
5	35	2508	605
6	34	3106	598
7	33	3704	598
8	32	4300	596
9	31	4886	586
10	30	5484	598
11	29	6091	607
12	28	6693	□□□□
13	27	7280	587
14	26	7875	595
15	25	8476	601
16	24	9101	625
17	23	9702	601
18	22	10305	603
19	21	10896	591
20	20	11477	581

(lanjutan)

No	Jarak (cm)	Counter	Counter/1cm
21	19	12077	600
22	18	12698	621
23	17	13289	591
24	16	13867	578
25	15	14464	597
26	14	15041	577
27	13	15623	582
28	12	16236	613
29	11	16846	610
30	10	17437	591
31	9	18054	617
32	8	18638	584
33	7	19233	595
34	6	19850	617
Rerata counter/1 cm			601.5

(lanjutan)

Tabel A.2. Hasil pengukuran kedua data counter per satu cm pada jarak horizontal

Data Kedua			
No	Jarak (cm)	Counter	Counter/cm
1	39	0	-
2	38	704	704
3	37	1314	610
4	36	1901	587
5	35	2501	600
6	34	3091	590
7	33	3683	592
8	32	4284	601
9	31	4898	614
10	30	5503	605
11	29	6086	583
12	28	6677	591
13	27	7281	604
14	26	7868	587
15	25	8458	590
16	24	9062	604
17	23	9656	594
18	22	10285	629
19	21	10855	570
20	20	11466	611
21	19	12040	574
22	18	12648	608

Universitas Indonesia



(lanjutan)

No	Jarak (cm)	Counter	Counter/cm
23	17	13252	604
24	16	13862	610
25	15	14450	588
26	14	15055	605
27	13	15639	584
28	12	16255	616
29	11	16810	555
30	10	17428	618
31	9	18042	614
32	8	18622	580
33	7	19235	613
34	6	19833	598
Rerata counter/cm			601

(lanjutan)

Tabel A.3. Hasil pengukuran ketiga data counter per satu cm pada jarak horizontal menggunakan mikrokontroler

Data Ketiga			
No	Jarak (cm)	Counter	counter/1cm
1	39	0	-
2	38	647	647
3	37	1196	549
4	36	1851	655
5	35	2443	592
6	34	2988	545
7	33	3605	617
8	32	4207	602
9	31	4790	583
10	30	5388	598
11	29	6011	623
12	28	6569	558
13	27	7217	648
14	26	7774	557
15	25	8377	603
16	24	8996	619
17	23	9571	575
18	22	10180	609
19	21	10763	583
20	20	11366	603
21	19	11974	608
22	18	12589	615

Universitas Indonesia

(lanjutan)

No	Jarak (cm)	Counter	counter/1cm
23	17	13172	583
24	16	13781	609
25	15	14332	551
26	14	14961	629
27	13	15582	621
28	12	16153	571
29	11	16748	595
30	10	17333	585
31	9	17924	591
32	8	18557	633
33	7	19149	592
34	6	19742	593
Rerata counter/cm			598.2

(lanjutan)

**Hasil Pengukuran Jumlah Counter Pada Jarak Vertikal 44.5 cm Menggunakan Motor DC with Encoder MTR-DSR01**

Tabel A.4. Hasil pengukuran jumlah counter pada jarak vertikal 44.5 cm menggunakan motor DC with encoder MTR-DSR01

No	Data Counter
1	33887
2	33911
3	33884
4	33915
5	33660
Rata2 counter 44.5 cm	33851.4
Counter 1 cm	760.7056

(lanjutan)

### Hasil Pengujian Motor DC Encoder EMG 30

Tabel A.5. Hasil pengujian motor DC encoder EMG 30

No	Tegangan Terukur Oleh Mutimeter (volt)	Jarak Awal (cm)	Jarak Akhir (cm)	Waktu (detik)	Kecepatan Sensor Bergerak (cm/s)
1	6.03	28.4	23.1	21.3	0.249
2	6.58	23.1	17	21.42	0.285
3	7.09	33	26.5	21.36	0.304
4	7.5	26.5	19.4	21.36	0.332
5	8.06	19.4	11.6	21.35	0.365
6	8.54	33.1	25.3	21.34	0.366
7	9.03	25.3	16.4	21.36	0.417
8	9.57	33.1	23.9	21.32	0.432
9	10.08	23.8	13.9	21.38	0.463
10	10.55	33.7	23.5	21.38	0.477
11	11.02	33.7	23.5	21.36	0.478
12	11.51	23.5	11.7	21.37	0.552
13	12.08	11.7	23.5	21.34	0.553

(lanjutan)

### Hasil Pengujian Motor DC Encoder MTR-DSR01

Tabel A.6. Hasil pengujian motor DC encoder MTR-DSR01

No	Tegangan Terukur Oleh Mutimeter (volt)	Jarak Awal (cm)	Jarak Akhir (cm)	Waktu (detik)	Kecepatan Sensor Bergerak (cm/s)
1	6.03	6.2	15.5	17.51	0.53
2	6.54	15.5	27.6	17.02	0.71
3	7.04	5.5	17.3	17.42	0.68
4	7.56	17.3	33.2	17.36	0.92
5	8.08	4.2	22.5	17.34	1.06
6	8.5	22.5	41.5	17.46	1.09
7	9.07	4.1	28.8	17.43	1.42
8	9.53	3.6	30.5	17.35	1.55
9	10.03	4.2	33.7	17.38	1.70
10	10.56	3.6	36.3	17.33	1.89
11	11.07	3.6	40.1	17.33	2.11
12	11.55	3.3	42.6	16.95	2.32
13	12.08	4.1	40.1	14.14	2.55

(lanjutan)

### Hasil Pengukuran Fokus Lensa Cekung Berbasis Mikrokontroller

Tabel A.7. Hasil pengukuran pertama panjang fokus lensa cekung 5 cm berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	26.6	20.7	4.1
2	25.5	20.3	4.1
3	24.5	19.5	4.1
4	23.5	18.9	4.1
5	22.5	18.1	4.1
6	21.4	17.4	4.1
7	20.4	16.7	4.1
8	19.3	15.9	4.1
9	18.3	15.2	4.1
10	17.3	14.5	4.1
Rata – rata fokus (cm)			4.1
Fokus Percobaan (cm)			$4.1 \pm 0.1$
Kesalahan Relatif			1.6%
Kesalahan Literatur			18.4%

(lanjutan)

Tabel A.8. Hasil pengukuran kedua panjang fokus lensa cekung 5 cm berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	26.7	21.0	4.1
2	25.6	20.4	4.1
3	24.6	19.5	4.1
4	23.6	18.9	4.1
5	22.6	18.0	4.1
6	21.6	17.3	4.2
7	20.5	16.5	4.2
8	19.5	15.7	4.2
9	18.5	15.0	4.2
10	17.4	14.2	4.3
Rata – rata fokus (cm)			4.2
Fokus Percobaan (cm)			$3.8 \pm 0.1$
Kesalahan Relatif			1.04%
Kesalahan Literatur			24.8%



(lanjutan)

Tabel A.9. Hasil pengukuran ketiga fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller  
panjang fokus 5 cm

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	28.0	21.8	4.1
2	27.0	21.0	4.1
3	25.9	20.3	4.1
4	24.9	19.5	4.2
5	23.9	18.9	4.2
6	22.9	18.1	4.2
7	21.8	17.2	4.2
8	20.8	16.6	4.2
9	19.8	15.8	4.3
10	18.8	15.0	4.3
Rata – rata fokus (cm)			4.2
Fokus Percobaan (cm)			$3.8 \pm 0.1$
Kesalahan Relatif			0.9%
Kesalahan Literatur			23.6%

(lanjutan)

Tabel A.10. Hasil pengukuran pertama panjang fokus lensa cekung 10 cm berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	30	11.4	9.8
2	28.9	11.1	9.7
3	27.9	10.9	9.6
4	26.9	10.5	9.7
5	25.8	10.2	9.7
6	24.8	9.9	9.8
7	23.7	9.6	9.8
8	22.7	9.3	9.8
9	19.5	8.5	9.5
10	18.5	8.2	9.5
Rata – rata fokus (cm)			9.7
Fokus Percobaan (cm)			$9.9 \pm 0.1$
Kesalahan relatif			1.5%
Kesalahan literatur			0.3 %

(lanjutan)

Tabel A.11. Hasil pengukuran kedua panjang fokus lensa cekung berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	32.2	12.1	9.7
2	31.1	11.9	9.6
3	30.1	11.6	9.6
4	29.1	11.3	9.6
5	28	10.9	9.7
6	27	10.9	9.3
7	25.9	10.2	9.8
8	24.9	9.9	9.8
9	23.9	9.6	9.9
10	22.9	9.1	10.2
Rata – rata fokus (cm)			9.7
Fokus Percobaan (cm)			$8.6 \pm 0.4$
Kesalahan relatif			4.6%
Kesalahan literatur			14.4%

(lanjutan)

Tabel A.12. Hasil pengukuran ketiga panjang fokus lensa cekung 10 cm berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	31.4	11.7	9.9
2	30.4	11.5	9.7
3	29.3	11.4	9.6
4	28.3	11	9.7
5	27.3	10.6	9.7
6	26.3	10.4	9.7
7	25.3	10.1	9.7
8	24.3	10	9.4
9	23.3	9.5	9.7
10	22.3	9.1	9.8
Rata – rata fokus (cm)			9.7
Fokus percobaan (cm)			$9.7 \pm 0.4$
Kesalahan relatif			4.5%
Kesalahan literatur			2.9 %

(lanjutan)

Tabel A.13. Hasil pengukuran pertama panjang fokus lensa cekung 20 cm berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	30.2	7.0	20.2
2	29.2	6.9	20.1
3	28.2	6.7	20.2
4	27.2	6.6	20.0
5	26.1	6.5	20.0
6	25.1	6.3	20.2
7	24.0	6.1	20.5
8	23.0	5.9	20.8
9	22.0	5.8	20.5
10	20.9	5.6	20.6
Rata – rata fokus (cm)			20.3
Fokus percobaan (cm)			$18.2 \pm 0.5$
Kesalahan relatif			2.9 %
Kesalahan literatur			8.7 %

(lanjutan)

Tabel A.14. Hasil pengukuran kedua panjang fokus lensa cekung 20 cm berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	30.7	7.0	20.6
2	28.6	6.6	20.8
3	27.6	6.4	21.4
4	25.6	6.2	20.8
5	24.5	6.0	21.3
6	23.5	5.8	21.7
7	22.4	5.6	22.2
8	21.4	5.6	21.2
9	20.4	5.4	21.7
10	19.3	5.6	19.0
Rata – rata fokus (cm)			21.1
Fokus percobaan (cm)			19.5±1.6
Kesalahan relatif			8.5 %
Kesalahan literatur			2.5 %

(lanjutan)

Tabel A.15. Hasil pengukuran kedua panjang fokus lensa cekung 20 cm berbasis mikrokontroller

No	Jarak geser (cm)	Lebar berkas (cm)	Panjang Fokus (cm)
1	30.8	7.1	19.9
2	29.8	7.1	19.4
3	28.7	7.0	19.3
4	27.7	6.8	19.3
5	26.7	6.7	19.4
6	25.7	6.6	19.2
7	24.7	6.4	19.3
8	23.6	6.2	19.6
9	21.6	5.9	19.3
10	20.5	5.7	20.0
Rata – rata fokus (cm)			19.5
Fokus percobaan (cm)			19.3 ±0.9
Kesalahan relatif			4.8 %
Kesalahan literatur			3.7 %

## LAMPIRAN B. Program yang digunakan dalam penelitian

### Program 1. Program Kalibrasi Jarak Horizontal Menggunakan Motor DC with Encoder EMG 30

```
$regfile = "m8535.dat"  
$crystal = 11059200  
$lib "lcd4busy.Lbx"
```

```
Config Lcd = 16 * 2  
Const _lcdport = Porte  
Const _lcdaddr = Ddrc  
Const _lcdin = Pinc  
Const _lcd_e = 2  
Const _lcd_rw = 1  
Const _lcd_rs = 0  
Cursor Off
```

```
Config Timer1 = Counter , Edge = Rising  
Dim W As Word  
Dim Jarak As Single  
Dim Jarak_awal As Word  
Dim Jarak_lcd As String * 4
```

```
W = 0
```

```
Jarak_awal = 40
```

```
Do
```

```
Start Counter1
```

```
W = Counter1
```

```
Jarak = W / 600.2
```

```
Jarak = Jarak_awal - Jarak
```

```
Jarak_lcd = Fusing(jarak , "##.##" )
```

```
Cls
```

```
Lcd "counter: " ; W
```

```
Lowerline
```

```
Lcd "Jarak : " ; Jarak_lcd
```

```
Waitms 500
```

```
Loop
```

Universitas Indonesia



**End**

(lanjutan)

**Program 2. Program Kalibrasi Jarak Vertikal Menggunakan Motor DC with Encoder MTR-DSR01**

```
crystal = 11059200  
$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 Timer0 = Counter , Edge = Rising  
Dim W As Word  
Dim Timercounter As Word  
Dim Overflcounter As Word  
Dim Total As Word  
Dim Jarak_atas As Single  
Dim Jarak As Single  
Dim X As Word  
Dim Jarak_lcdatas As String * 4  
Dim Jarak_led As String * 4
```

**On Counter0** Flow

```
Timercounter = 0
```

```
Enable Interrupts  
Enable Timer0
```

```
Do  
Start Counter0  
Timercounter = Counter0  
Total = Overflcounter * 255
```

Universitas Indonesia

```
Total = Total + Timercounter  
Jarak_atas = Total / 760.7  
Jarak_atas = Jarak_atas  
Jarak_lcdatas = Fusing(jarak_atas , "##.#" )
```

**Cls**

```
Lcd "counter:" ; Total
```

**Lowerline**

```
Lcd "jrk_atas:" ; Jarak_lcdatas
```

```
Waitms 500
```

**Loop**

Flow:

**Incr** Overflcounter

**Return**

**End**



(lanjutan)

### Program 3. Program Kalibrasi ADC

```
$regfile = "m8535.dat"  
$crystal = 11059200  
$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  
Dim Volt As Single  
Dim Volt_text As String * 4
```

```
Do  
W = Getadc(1)  
Volt = W / 1021  
Volt = Volt * 4.96  
Volt_text = Fusing(volt , "#.##")  
Cls  
Lcd "ADC0 : " ; W  
Lowerline  
Lcd " volt: " ; Volt_text  
Waitms 800  
Loop
```

```
End
```

(lanjutan)

#### **Program 4. Program Pengukur Jarak Fokus Lensa Cekung Berbasis Mikrokontroller**

```
$regfile = "m8535.dat"  
$crystal = 11059200  
$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  
Config Timer1 = Counter , Edge = Rising  
Config Timer0 = Counter , Edge = Rising
```

```
Dim W As Word  
Dim A1 As Word  
Dim A2 As Word  
Dim A3 As Word  
Dim A4 As Word  
Dim A5 As Word  
Dim A6 As Word  
Dim A7 As Word  
Dim A8 As Single
```

```
Dim Timercounter As Long  
Dim Overflcounter As Word  
Dim Total As Word  
Dim Jarak_geser As Single  
Dim Jarak_awal As Single  
Dim Jarak_real As Single  
Dim Lebar1 As Single  
Dim Jangkauan1 As Single  
Dim Jangkauan2 As Single
```

Universitas Indonesia

**Dim Lebar2 As Single**  
**Dim Fokus As Single**  
(lanjutan)

**Dim Fokus\_fix As Single**  
**Dim Jarak\_total As Single**  
**Dim Jarak\_kebawah As Single**  
**Dim Jarak\_selisih As Single**  
**Dim Jarak\_gabung As Single**  
**Dim Vertikal\_bawah As Single**  
**Dim Vertikal\_bawah2 As Single**  
**Dim Jarak\_lebar1 As String \* 4**  
**Dim Jarak\_lebar2 As String \* 4**  
**Dim Jarak\_lcd As String \* 4**  
**Dim Jarak\_jangkauan1 As String \* 4**  
**Dim Jarak\_jangkauan2 As String \* 4**  
**Dim Jarak\_lcdtotal As String \* 4**  
**Dim Jarak\_lcdbawah As String \* 4**  
**Dim Jarak\_vertikalbawah As String \* 4**  
**Dim Jarak\_fokusled As String \* 4**  
**Dim Jarak\_tallcd As String \* 4**  
**Dim Adc\_lcd As String \* 4**  
**Dim Jarak\_laser As Single**

' PortD.4 = enable1  
' PortD.5 = enable2  
' in0 = portd.0, in1 = portd.1, in2 = portd.2, in3= portd.3  
' motor atas= out0 dan out1  
' motor bawah = out2 dan out3  
' motor bawah maju > out2 = 1, out3= 0  
' motor atas naik > out0 = 1 dan out1=0  
' motor bawah timer1  
' motor atas timer0  
' f = (AA' Cx)/(aa' - AA')

## On Counter0 Flow

Timercounter = 0

## Enable Interrupts

(lanjutan)

## Enable Timer0

W = 0

' aktifkan enable

Portd.4 = 1

Portd.5 = 1

Jarak\_awal = 32.4

Jarak\_laser = 3

## Do

Jarak\_geser = 0

## Start Counter1

**While** Jarak\_geser <= 1

W = **Counter1**

Jarak\_geser = W / 600.2

Jarak\_real = Jarak\_awal - Jarak\_geser

Jarak\_lcd = **Fusing**(jarak\_real , "##.#" )

**Cls**

**Lcd** "jrk\_geser: " ; Jarak\_lcd

**Waitms** 100

Portd.2 = 1

' motor bawah maju

Portd.3 = 0

**While** Jarak\_geser >= 33

Universitas Indonesia

Portd.0 = 0

Portd.1 = 0

Portd.2 = 0

Portd.3 = 0

**Wend**

**Wend**

Jarak\_awal = Jarak\_real

Portd.2 = 0

Portd.5 = 0

' motor bawah mati dan counter berhenti

(lanjutan)

**Stop Counter1**

**Wait 15**

' Mulai Jarak Ke atas

' deteksi 1

**Start Counter0**

A1 = **Getadc**(1)

**Waitms 10**

A2 = **Getadc**(1)

**Waitms 10**

A3 = **Getadc**(1)

**Waitms 10**

A4 = **Getadc**(1)

**Waitms 10**

A5 = A1 + A2

A6 = A5 + A3

A7 = A6 + A4

A8 = A7 / 4

Timercounter = **Counter0**

**While** A8 >= 200.0

A1 = **Getadc**(1)

**Waitms 10**

A2 = **Getadc**(1)

**Waitms 10**

Universitas Indonesia

A3 = **Getadc**(1)

**Waitms** 10

A4 = **Getadc**(1)

**Waitms** 10

A5 = A1 + A2

A6 = A5 + A3

A7 = A6 + A4

A8 = A7 / 4

**Portd.0** = 1

**Portd.1** = 0

**Wend**

**Portd.4** = 0

**Portd.0** = 0

(lanjutan)

**Timercounter** = **Counter0**

**Total** = **Overflcounter** \* 255

**Total** = **Total** + **Timercounter**

**Jangkauan1** = **Total** / 760.7

**Adc\_lcd** = **Fusing**(a8, "##.#")

**Jarak\_jangkauan1** = **Fusing**(jangkauan1, "##.#")

**Cls**

**Lcd** " ADC8: " ; **Adc\_lcd**

**Locate** 2 , 1

**Lcd** "jangkauan1: " ; **Jarak\_jangkauan1**

**Waitms** 500

**Stop Counter0**

**Overflcounter** = 0

**Total** = 0

**A8** = 0

**Counter1** = 0

**Counter0** = 0

**Wait** 5

'Deteksi 2

**Start Counter0**

Universitas Indonesia



```

A1 = Getadc(1)
Waitms 10
A2 = Getadc(1)
Waitms 10
A3 = Getadc(1)
Waitms 10
A4 = Getadc(1)
Waitms 10
A5 = A1 + A2
A6 = A5 + A3
A7 = A6 + A4
A8 = A7 / 4
Timercounter = Counter0
While A8 <= 200.0
    A1 = Getadc(1)
    Waitms 10
    A2 = Getadc(1)
    Waitms 10
    A3 = Getadc(1)
    Waitms 10
    A4 = Getadc(1)
    Waitms 10
    A5 = A1 + A2
    A6 = A5 + A3
    A7 = A6 + A4
    A8 = A7 / 4
    Portd.0 = 1
    Portd.1 = 0
Wend
    Portd.4 = 0
    Portd.0 = 0
    Timercounter = Counter0
    Total = Overflcounter * 255
    Total = Total + Timercounter
    Lebar1 = Total / 760.7
    Adc_lcd = Fusing(a8 , "##.#")
    Jarak_lebar1 = Fusing(lebar1 , "##.#" )

```

```
Cls
Lcd " ADC8: " ; Adc_lcd
Locate 2 , 1
Lcd "lebar1: " ; Jarak_lebar1
Waitms 500
Stop Counter0
Overflcounter = 0
Total = 0
A8 = 0
Counter1 = 0
Counter0 = 0
Wait 10
```

```
'deteksi 3
Start Counter0
A1 = Getadc(1)
Waitms 10
A2 = Getadc(1)
Waitms 10
A3 = Getadc(1)
Waitms 10
A4 = Getadc(1)
Waitms 10
A5 = A1 + A2
A6 = A5 + A3
A7 = A6 + A4
A8 = A7 / 4
Timercounter = Counter0
While A8 >= 300.0
    A1 = Getadc(1)
    Waitms 10
    A2 = Getadc(1)
    Waitms 10
    A3 = Getadc(1)
    Waitms 10
    A4 = Getadc(1)
    Waitms 10
```

A5 = A1 + A2

A6 = A5 + A3

A7 = A6 + A4

A8 = A7 / 4

Portd.0 = 1

Portd.1 = 0

#### Wend

Portd.4 = 0

Portd.0 = 0

Timercounter = Counter0

Total = Overflcounter \* 255

Total = Total + Timercounter

Jangkauan2 = Total / 760.7

Adc\_lcd = Fusing(a8, "##.#")

Jarak\_jangkauan2 = Fusing(jangkauan2, "##.#")

Cls

Lcd " ADC8: " ; Adc\_lcd

Locate 2 , 1

Lcd "jangkauan2: " ; Jarak\_jangkauan2

Waitms 500

Stop Counter0

Overflcounter = 0

Total = 0

A8 = 0

Counter1 = 0

Counter0 = 0

Wait 5

'deteksi 4

Start Counter0

A1 = Getadc(1)

Waitms 10

A2 = Getadc(1)

Waitms 10

A3 = Getadc(1)

Waitms 10

A4 = Getadc(1)

```
Waitms 10
A5 = A1 + A2
A6 = A5 + A3
A7 = A6 + A4
A8 = A7 / 4
Timercounter = Counter0
```

```
While A8 <= 300.0
  A1 = Getadc(1)
  Waitms 10
  A2 = Getadc(1)
  Waitms 10
  A3 = Getadc(1)
  Waitms 10
  A4 = Getadc(1)
  Waitms 10
```

(lanjutan)

```
A5 = A1 + A2
A6 = A5 + A3
A7 = A6 + A4
A8 = A7 / 4
Portd.0 = 1
Portd.1 = 0
Wend
  Portd.4 = 0
  Portd.0 = 0
  Timercounter = Counter0
  Total = Overflcounter * 255
  Total = Total + Timercounter
  Lebar2 = Total / 760.7
  Adc_lcd = Fusing(a8 , "##.#")
  Jarak_lebar2 = Fusing(lebar2 , "##.#" )
  Cls
  Lcd " ADC8: " ; Adc_lcd
  Locate 2 , 1
  Lcd "lebar2: " ; Jarak_lebar2
```

Universitas Indonesia

**Waitms** 500  
**Stop Counter0**  
Overflcounter = 0  
Total = 0  
**Counter1** = 0  
**Counter0** = 0  
**Wait** 7  
A8 = 0

Jarak\_total = Lebar1 + Jangkauan2  
Jarak\_total = Jarak\_total + Lebar2  
Jarak\_kebawah = Jarak\_total + 7  
Jarak\_selisih = Jarak\_total - Jarak\_laser  
Fokus = Jarak\_laser \* Jarak\_real  
Fokus\_fix = Fokus / Jarak\_selisih  
Jarak\_fokuslcd = **Fusing**(fokus\_fix , "##.#")

(lanjutan)

Jarak\_totallcd = **Fusing**(jarak\_total , "##.#")  
**Cls**  
**Locate** 1 , 1  
**Lcd** " Jrktotal : " ; Jarak\_total  
**Waitms** 3  
**Locate** 2 , 1  
**Lcd** " fokus:" ; Jarak\_fokuslcd

**Wait** 25  
**Start Counter0**  
Timercounter = **Counter0**  
**While** Vertikal\_bawah <= Jarak\_kebawah  
  **Portd.0** = 0  
  **Portd.1** = 1  
  **Portd.4** = 1  
  Timercounter = **Counter0**  
  Total = Overflcounter \* 255

Universitas Indonesia

```
Total = Total + Timercounter
Vertikal_bawah = Total / 760.7
Vertikal_bawah2 = Jarak_kebawah - Vertikal_bawah
Jarak_vertikalbawah = Fusing(vertikal_bawah , "##.#" )
Cls
Lcd " jrk_turun:" ; Jarak_vertikalbawah
Waitms 100
```

**Wend**

```
Portd.4 = 0
Portd.1 = 0
Cls
Lcd " jrk_turun:" ; Jarak_vertikalbawah
Waitms 500
Stop Counter0
Overflcounter = 0
Counter0 = 0
Counter1 = 0
Total = 0
Jarak_kebawah = 0
```

(lanjutan)

```
Vertikal_bawah = 0
Vertikal_bawah2 = 0
Jarak_selisih = 0
Fokus = 0
Fokus_fix = 0
```

**Wait** 5

**Loop**

Flow:

**Incr** Overflcounter

**Return**