

**JANGKA PENGGORES KACA OTOMATIS SEBAGAI  
ALAT BANTU PEMOTONGAN KACA BUNDAR**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan*

*Memperoleh Gelar Sarjana Teknik*



**DISUSUN OLEH:**

**ADITYA TEGUH SISWANTO**

**NIM. 0810630023-63**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**MALANG**

**2012**

LEMBAR PERSETUJUAN

JANGKA PENGGORES KACA OTOMATIS SEBAGAI ALAT  
BANTU PEMOTONGAN KACA BUNDAR

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**ADITYA TEGUH SISWANTO**

**NIM. 0810630023-63**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

**Raden Arief Setyawan, ST., MT**  
**NIP. 19621211 198802 1 001**

**Ponco Siwindarto, Ir., M.Eng.Sc.**  
**NIP. 19590304 198903 1 001**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JANGKA PENGGORES KACA OTOMATIS SEBAGAI ALAT  
BANTU PEMOTONGAN KACA BUNDAR**

**SKRIPSI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**ADITYA TEGUH SISWANTO**

**NIM. 0810630023-63**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada  
tanggal 20 Desember 2012

**DOSEN PENGUJI**

**Ir. M. Julius St., MS.**

**NIP. 19540720 198203 1 002**

**Ir. Nurussa'adah, MT**

**NIP. 19690725 199702 1 001**

**Mochammad Rif'an, ST.,MT.**

**NIP. 19710301 200012 1 001**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

**Dr. Sholeh Hadi Pramono, Ir., MS.**

**NIP. 19710615 199802 1 003**

## PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Jangka Penggores Kaca Otomatis Sebagai Alat Bantu Pemotongan Kaca Bundar” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik dari jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak, penyelesaian skripsi ini tidak mungkin bisa terwujud. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Allah SWT yang selalu memberi kasih dan sayang-Nya dan memberi kemudahan serta kelancaran dalam pengerjaan skripsi ini,
- Orang tua dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat,
- Bapak Sholeh Hadi Pramono, DR., Ir., MS. sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak M. Aziz Muslim, ST., MT, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Mochammad Rif'an, ST., MT sebagai Ketua Program Studi Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Ir. M. Julius St., MS. sebagai Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya,
- Bapak Raden Arief Setyawan, ST., MT. sebagai Dosen Pembimbing I atas segala bimbingan, pengarahan, ide, saran dan kritik yang telah diberikan,
- Bapak Ir. Ponco Siwindarto, Ir., M.Eng.Sc. sebagai Dosen Pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan, masukan serta motivasi yang telah diberikan,
- Staf Rekording, staf Pengajaran, dan staf Ruang Baca Jurusan Teknik Elektro yang telah membantu segala urusan penulis selama ini,
- Teman – teman paket B 2008,
- Rekan seperjuangan dalam skripsi, Wahyu, Zubed, Yudhi, Robith, Hendra, Aryo, Yudha, Taufik. terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan,
- Teman-teman Laboratorium Elka.

- Teman-teman Concordes angkatan 2008 yang telah berbagi ilmu dengan penulis dan selalu memberikan motivasi dan semangat,
- Riky Tri Yunardi dan Judis Priastono U., terima kasih telah menjadi inspirasi untuk skripsi saya,
- Seluruh teman-teman, senior serta semua pihak yang tidak mungkin untuk dicantumkan namanya satu-persatu, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini belumlah sempurna, karena keterbatasan ilmu dan kendala-kendala lain yang terjadi selama pengerjaan skripsi ini. Semoga tulisan ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut.

Malang, Desember 2012



Penulis

## DAFTAR ISI

<b>PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	viii
<b>BAB I      PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	1
1.3. Ruang Lingkup .....	2
1.4. Tujuan .....	2
1.5. Sistematika Penulisan .....	2
<b>BAB II      TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Kaca .....	4
2.2. Intan .....	5
2.3. <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD).....	6
2.4. Mikrokontroler Atmel AVR ATmega16.....	7
2.5. Sensor Ultrasonik (PING)).....	11
2.6. Motor DC .....	12
2.7. Keypad Matrik 4x4 .....	13
<b>BAB III      METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Penentuan Spesifikasi Alat.....	14
3.2 Perancangan dan Perealisasian Alat .....	14
3.2.1. Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok.....	14
3.2.2. Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak.....	15
3.3 Pengujian Alat .....	15
3.3.1. Pengujian Perangkat Keras .....	15
3.3.2. Pengujian Keseluruhan Sistem .....	15



**BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT**

4.1	Perancangan Sistem .....	16
4.2	Perancangan Mekanik Jangka Penggores Kaca Otomatis .....	17
4.3	Perancangan Perangkat Keras .....	19
4.3.1.	Perancangan Rangkaian Catu Daya Sistem.....	19
4.3.2.	Perancangan Rangkaian Mikrokontroler.....	21
4.3.3.	Perancangan Rangkaian <i>Driver</i> Motor DC .....	22
4.3.4.	Perancangan Kontrol Motor DC.....	25
4.3.5.	Perancangan Rangkaian <i>Keypad</i> 4x4 .....	26
4.3.6.	Perancangan Rangkaian LCD ( <i>Liquid Crystal Display</i> ).....	27
4.4	Perancangan Perangkat Lunak .....	27

**BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS**

5.1.	Pengujian Rangkaian Catu Daya .....	29
5.1.1.	Pengujian Catu Daya 5 V .....	29
5.1.2.	Pengujian Catu Daya Motor .....	32
5.2.	Pengujian <i>Driver</i> Motor DC.....	33
5.2.1.	Pengujian Logika <i>Driver</i> Motor DC .....	33
5.2.2.	Pengujian Sinyal Kontrol PWM .....	34
5.2.3.	Pengujian Motor DC Pengukur Sudut.....	36
5.2.4.	Pengujian Arus Motor DC.....	37
5.3.	Pengujian Sensor Ultrasonik (PING)) .....	39
5.4.	Pengujian <i>Liquid Crystal Display</i> (LCD) 2X16.....	40
5.5.	Pengujian <i>Keypad</i> .....	41
5.6.	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	42

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1.	Kesimpulan .....	46
6.2.	Saran .....	46

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>48</b>
-----------------------------	-----------

<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>49</b>
-----------------------	-----------



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Bentuk Fisik Kaca .....	4
Gambar 2.2.	Batuan Intan .....	5
Gambar 2.3.	Rangkaian <i>Interface</i> ke LCD Karakter 2X16 .....	6
Gambar 2.4.	Konfigurasi Pin ATMega16.....	9
Gambar 2.5.	Sensor Ultrasonik PING))) .....	11
Gambar 2.6.	Ilustrasi Cara Kerja Modul PING))).....	11
Gambar 2.7.	Komunikasi Mikrokontroler Dengan PING))).....	12
Gambar 2.8	Bentuk Fisik Motor DC .....	12
Gambar 2.9.	Rangkain <i>Keypad</i> Matrik 4x4 .....	13
Gambar 4.1.	Blok Diagram Sistem .....	16
Gambar 4.2.	Prespektif Desain Mekanik Jangka Penggores Kaca .....	18
Gambar 4.3.	Jangka Penggores Kaca Tampak Samping .....	18
Gambar 4.4.	Jangka Penggores Kaca Tampak Atas.....	19
Gambar 4.5.	Rangkaian Catu Daya Sistem Kontrol.....	19
Gambar 4.6.	Konfigurasi PIN pada Sistem Minimum ATMega16 .....	22
Gambar 4.7.	Rangkaian <i>Driver</i> Motor DC .....	23
Gambar 4.8.	Rangkaian <i>Keypad</i> 4x4 .....	26
Gambar 4.9.	Rangkaian LCD 2 x 16 .....	27
Gambar 4.10.	Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak .....	28
Gambar 5.1.	Diagram Blok Pengujian Rangkaian Catu Daya.....	29
Gambar 5.2.	Set Pengujian Rangkaian Konverter AC ke DC .....	30
Gambar 5.3.	Tegangan Masukan dan Keluaran pada Penyearah Gelombang Penuh ..	30
Gambar 5.4.	Tegangan Keluaran Pada <i>Fixed Output Regulator</i> LM7805 .....	31
Gambar 5.5.	Tegangan Masukan Sistem Kontrol .....	32
Gambar 5.6.	Tegangan Keluaran Pada <i>Switch Mode Power Supply</i> .....	32
Gambar 5.7.	Diagram Blok Pengujian Logika <i>Driver</i> Motor DC.....	33
Gambar 5.8.	Diagram Blok Pengujian Sinyal Kontrol Motor DC <i>Slider</i> .....	34
Gambar 5.9.	Proses Pengujian Sinyal Kontrol Motor DC <i>Slider</i> .....	34
Gambar 5.10.	Sinyal Kontrol Motor DC <i>Slider</i> Untuk Nilai TOP Sebesar 700.....	35
Gambar 5.11.	Sinyal Kontrol Motor DC <i>Slider</i> Untuk Nilai TOP Sebesar 900.....	35
Gambar 5.12.	Diagram Blok Pengujian Sudut <i>Driver</i> Motor DC .....	36

Gambar 5.13. Proses Pengujian Motor DC Pengukur Sudut.....	36
Gambar 5.14. Diagram Blok Pengujian Arus Motor DC .....	38
Gambar 5.15. Hasil Pengukuran Arus pada Motor DC Penggerak <i>Slider</i> .....	38
Gambar 5.16. Hasil Pengukuran Arus pada Motor DC Pengukur Sudut.....	38
Gambar 5.17. Blok Diagram Pengujian Sensor PING)).....	39
Gambar 5.18. Set Pengujian Jarak Jangkauan Sensor Ultrasonik PING)).....	39
Gambar 5.19. Diagram Blok Pengujian Modul LCD .....	40
Gambar 5.20. Tampilan Hasil Pengujian Modul LCD.....	41
Gambar 5.21. Diagram Blok Pengujian Modul <i>Keypad</i> .....	41
Gambar 5.22. Pengujian Rangkaian Modul <i>Keypad</i> .....	41
Gambar 5.23. Tampilan Hasil Pengujian <i>Keypad</i> .....	42
Gambar 5.24. Diagram Blok Pengujian Sistem Secara Keseluruhan .....	42
Gambar 5.25. Proses Pemberian Masukan <i>Slider</i> Otomatis .....	42
Gambar 5.26. Pengujian <i>Slider</i> Otomatis .....	43
Gambar 5.27. Proses Pemberian Masukan Motor Pengukur Sudut .....	44
Gambar 5.28. Pengujian Motor Pengukur Sudut .....	44



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Tabel I/O LCD.....	6
Tabel 2.2.	Fungsi Khusus Port B .....	10
Tabel 2.3.	Fungsi Khusus Port C .....	10
Tabel 2.4.	Fungsi Khusus Port D.....	10
Tabel 5.1.	Hasil Pengujian Logika <i>Driver</i> Motor DC.....	33
Tabel 5.2.	Hasil Pengujian Lebar Pulsa Motor DC Sudut.....	37
Tabel 5.3.	Hasil Pengujian Jarak Pancaran Sensor Ultrasonik (PING)).....	40
Tabel 5.4.	Perbandingan Antara Keluaran Sensor Ultrasonik Dengan Masukan Dari <i>Keypad</i> .....	43
Tabel 5.5.	Perbandingan Antara Besar Sudut Yang Dibentuk Dengan Masukan Dari <i>Keypad</i> .....	44



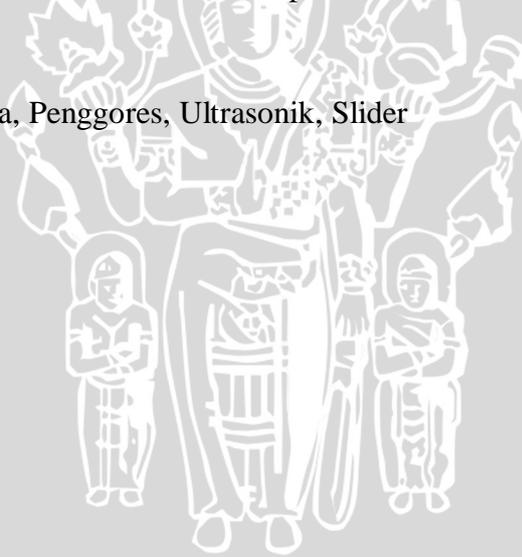
## ABSTRAK

**Aditya Teguh Siswanto**, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2012, *Jangka Penggores Kaca Otomatis Sebagai Alat Bantu Pemotongan Kaca Bundar*, Dosen Pembimbing : Raden Arief Setyawan, ST., MT dan Ponco Siwindarto, Ir., M.Eng.Sc.

Proses penggoresan kaca melingkar merupakan salah satu tahap penting dalam proses pemotongan kaca bundar. Proses ini hanya dapat dilakukan sekali saja. Hal ini menyebabkan dibutuhkan perhitungan jari-jari dan sudut yang tepat. Maka diperlukan sebuah alat pemotong kaca bundar yang dilengkapi dengan sistem pengukur jarak jari-jari dan pengukur besar sudut secara otomatis. Alat ini memiliki dimensi sebesar 70×10×20 cm. Ketepatan hasil pemotongan sangat bergantung pada ketelitian sensor ultrasonik (PING)) dalam melakukan penghitungan jarak antara pusat jangka dengan pisau pemotong yang menjadi nilai acuan dari motor *slider* dan pemberian nilai *lebar pulsa* yang tepat yang menjadi acuan motor yang berada pada poros jangka membentuk sudut penggoresan.

Setelah dilakukan pengujian, Secara keseluruhan sistem jangka yang dibuat dapat menggores kaca dengan baik. Nilai prosentase kesalahan pembentukan jari-jari lingkaran kaca sebesar 0,47% dan kesalahan pembentukan sudut penggoresan kaca sebesar 1,85%.

**Kata Kunci:** Kaca, Jangka, Penggores, Ultrasonik, Slider



## BAB I PENDAHULUAN

### I. LATAR BELAKANG

Indonesia adalah negara dengan perkembangan ekonomi yang sangat pesat. Setiap tahunnya, angka pertumbuhan ekonomi Indonesia terus meningkat. Salah satu faktor yang menunjang hal tersebut adalah semakin menjamurnya bisnis distro pakaian dan kafe komedi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pangsa pasar bisnis ini mencakupi anak muda yang cenderung mengikuti model-model terkini dan mencoba hal-hal baru sesuai dengan gaya hidup masa kini. Seiring semakin banyaknya distro pakaian ataupun kafe komedi yang didirikan, maka kebutuhan akan produksi mebel dan rak *display* juga semakin bertambah setiap periodenya.

Salah satu komponen penting yang tidak dapat dilupakan dari produksi suatu mebel atau rak *display* adalah kaca. Kaca berfungsi sebagai pelindung barang-barang yang akan dipajang dalam sebuah rak *display* ataupun sebagai alas dari permukaan suatu meja. Bentuk yang digunakan juga sangat variatif tergantung dari model dan konsep yang diinginkan seorang penata ruang. Salah bentuk yang biasa dipakai adalah bentuk lingkaran. Bentuk-bentuk lingkaran yang biasa digunakan antara lain adalah bentuk setengah lingkaran, seperempat lingkaran, maupun seperdelapan lingkaran. Bentuk-bentuk tersebut akan dikombinasikan dengan bentuk-bentuk yang lainnya seperti persegi atau segitiga sehingga membuat sebuah kombinasi menarik yang memberikan suatu eksklusifitas kepada konsumen. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dibuat sebuah sistem pemotong kaca bundar yang dilengkapi dengan sistem pengukur jarak jari-jari dan pengukur besar sudut.

Sistem pemotongan kaca bundar akan dibuat secara otomatis. Sistem ini akan dilengkapi dengan beberapa sensor dan motor, sehingga proses pemotongan kaca bundar yang dilakukan dapat dilakukan dengan tepat dan teliti. Selain itu dengan adanya alat pemotong kaca ini diharapkan proses pemotongan kaca dapat lebih cepat dan hasil pemotongan kaca yang lebih rapi sehingga memperlancar proses produksi mebel atau rak *display*.

### II. RUMUSAN MASALAH

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

- 1) Bagaimana merancang dan membuat sebuah jangka pemotong kaca yang bekerja secara otomatis.
- 2) Bagaimana merancang sensor ultrasonik PING))) agar dapat bekerja secara optimal dalam penggunaannya sebagai pengukur jarak jari-jari otomatis.
- 3) Bagaimana merancang dan membuat sistem elektronika yang menunjang penggunaan motor DC pengukur sudut untuk dapat memberikan suatu keluaran sudut secara otomatis sesuai input yang diberikan melalui tombol (*keypad*).
- 4) Bagaimana merancang dan membuat sistem elektronika yang menunjang penggunaan LCD 2X16 untuk menampilkan data yang dimasukkan ke mikrokontroler melalui tombol (*keypad*).

### III. BATASAN MASALAH

Dalam Perancangan skripsi ini permasalahan dibatasi oleh hal-hal sebagai berikut :

- 1) Kemampuan alat ditekan pada ketepatan jarak jari-jari dan sudut yang dimasukkan melalui tombol (*keypad*).
- 2) Proses pengambilan kaca setelah proses penggoresan intan tidak dibahas dalam perancangan ini.
- 3) Tidak membahas lebih mendalam mengenai prinsip kerja motor DC.
- 4) Proses pembuatan mekanik jangka penggores kaca tidak dibahas lebih mendalam dalam perancangan ini.

### IV. TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat jangka penggores kaca dengan jari-jari yang presisi dan derajat penggoresan yang tepat.

### V. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

#### Bab I Pendahuluan

Berisi tentang uraian latar belakang, tujuan, batasan masalah, rumusan masalah, manfaat serta sistematika penulisan.

#### Bab II: Tinjauan Pustaka

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

### **Bab III: Metode Penelitian**

Membahas tentang metode yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

### **Bab IV: Perancangan**

Berisi perancangan dan perealisasiian sistem yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja, dan realisasi sistem.

### **Bab V: Pengujian dan Analisis**

Memuat aspek pengujian meliputi penjelasan tentang cara pengujian dan hasil pengujian. Aspek analisis meliputi penilaian atau komentar terhadap hasil-hasil pengujian. Pengujian dan analisis ini terhadap sistem yang telah direalisasikan berdasarkan masing-masing blok dan sistem secara keseluruhan.

### **Bab VI: Kesimpulan dan Saran**

Memuat kesimpulan dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut dari sistem yang telah dibuat.



## BAB II

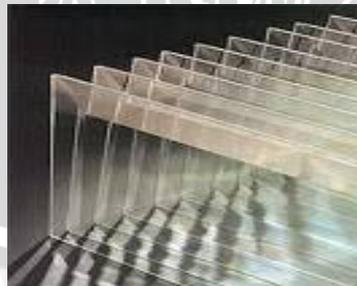
### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam penelitian ini akan dibahas tentang alat penggores kaca otomatis. Alat penggores ini memiliki kemampuan untuk menggores kaca secara otomatis sesuai dengan panjang jari-jari dan besar sudut yang diinginkan. Untuk memudahkan dalam memahami cara kerja rangkaian maupun dasar-dasar perencanaan sistem yang dibuat, maka perlu adanya penjelasan dan uraian mengenai teori penunjang yang digunakan dalam penelitian ini. Teori penunjang yang akan dijelaskan dalam bab ini antara lain:

- Kaca
- Intan
- *Liquid Crystal Display* (LCD)
- Mikrokontroler Atmel AVR ATmega16
- Sensor Ultrasonik (PING))
- Motor DC
- Keypad Matrik 4x4

#### 2.1 Kaca

Kaca merupakan sebuah substansi yang keras dan rapuh, serta merupakan material amorf. Kaca merupakan hasil penguraian senyawa-senyawa inorganik yang telah mengalami pendinginan tanpa kristalisasi. Komponen utama dari kaca adalah silika. Dalam kehidupan sehari-hari kaca digunakan sebagai cermin, insulator panas, alat-alat laboratorium, dekorasi, dan pembatas ruang. Bentuk fisik kaca ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Bentuk Fisik Kaca

Sumber : Damar's Blog.htm, 2011

Kaca adalah material amorf yang dalam suhu biasa mempunyai bentuk yang keras, tetapi apabila dipanaskan, lama kelamaan akan menjadi lunak, sesuai dengan

suhu yang meningkat dan akhirnya menjadi kental hingga mencapai keadaan cair. Selama proses pendinginan terjadi proses yang berkebalikan dengan proses peleburan kaca. Kaca memiliki sifat yaitu tahan terhadap bahan kimia, efektif sebagai isolator listrik, dapat menahan vakum. Selain memiliki sifat-sifat tersebut, kaca merupakan bahan yang rapuh dan tidak tahan terhadap benturan.

## 2.2 Intan

Intan merupakan salah satu benda hasil tambang yang paling kuat atau keras di dunia. Kekuatannya lebih besar dibandingkan baja sekalipun. Intan dalam bahasa Yunani, yaitu *adamas* memiliki arti tidak tertundukkan atau tidak kunjung dalam, mencerminkan kekuatan yang dimilikinya. Bentuk intan ditunjukkan dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Batuan Intan

Sumber : [www.Orbit.html](http://www.Orbit.html), 2012

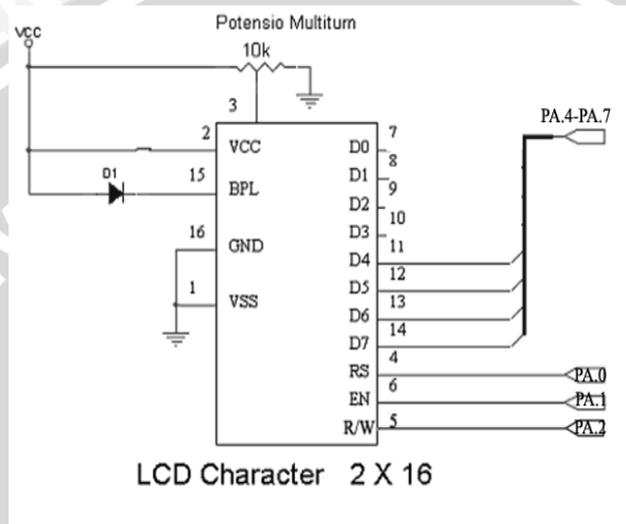
Intan banyak dimanfaatkan dalam bidang industri karena kekuatan yang dimiliki. Intan biasa digunakan di ujung alat pemotong kaca dan mata bor untuk pertambangan minyak bumi maupun batu bara. Dalam kehidupan sehari-hari kita lebih sering mengenal intan sebagai perhiasan, yang biasa disebut dengan berlian.

Intan merupakan benda yang terbentuk dari karbon. Karbon merupakan unsur yang terbentuk dari pelapukan-pelapukan dari makhluk hidup, seperti tulang hewan dan manusia, dan tumbuhan dalam jangka waktu yang sangat lama, mencapai miliaran tahun dengan kedalaman 90 mil atau sekitar 150 km di bawah permukaan bumi. Intan yang sering ditemukan merupakan intan yang telah berumur satu hingga tiga miliar tahun.

Kekuatan intan diperoleh dari pengkristalan atau pembekuan dari karbon. Setiap karbon yang membentuk intan dikelilingi oleh empat atom karbon lain yang membentuk pola seperti piramid dengan ikatan yang sangat teratur. Secara sederhana, keteraturan setiap bagian yang membentuk intan inilah yang membuat intan sangat kuat.

### 2.3 *Liquid Crystal Display (LCD)*

*Liquid Crystal Display (LCD)* merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk menampilkan karakter baik berupa karakter angka, huruf, atau karakter lainnya, sehingga tampilan tersebut dapat dilihat secara visual. Gambar 2.3 menunjukkan rangkaian *interface* ke LCD Karakter 2X16. dan Tabel 2.1 menunjukkan PIN-PIN I/O LCD.



Gambar 2.3 Rangkaian *Interface* ke LCD Karakter 2X16

Sumber: Manual book LCD 16x2, 2006

Tabel 2.1 Tabel I/O LCD

No	Simbol	Level	Fungsi
1	Vss		GND
2	Vcc		5 Volt
3	Vee		Power Supply
4	RS	H/L	H:Data Input L:Ins Input
5	R/W	H/L	H: Read L: Write
6	E	H	Enable Signal
7	DB0	H/L	Data Bus
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	V+BL		4 - 4.2 Volt
16	V-BL		Supply GND

Sumber: Manual book LCD 16x2, 2006

Dalam perancangan sistem ini memakai LCD modul M1632 yang merupakan sebuah modul LCD dot matrik yang membutuhkan daya kecil. LCD modul M1632 dilengkapi panel LCD dengan tingkat kontras yang cukup tinggi serta pengendali LCD CMOS yang telah terpasang dalam modul tersebut. LCD modul M1632 mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Memiliki 16 karakter dan 2 baris tampilan yang terdiri atas 5 X 7 dot matrik ditambah dengan kursor.
- Memerlukan catu daya DC 5 V.
- Otomatis *reset* saat catu daya dinyalakan.
- Memiliki data RAM (max 80 karakter) dengan 80 X 8 *display*.
- Menggunakan 4 bit data dan 3 bit control

#### 2.4 Mikrokontroler Atmel AVR ATmega16

Beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sangat banyak digunakan terutama dalam pengontrolan robot. Seiring perkembangan elektronika, mikrokontroler dibuat semakin kompak dengan bahasa pemrograman yang juga ikut berubah. Salah satunya adalah mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) ATmega16 yang menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu *siklus clock* untuk mengeksekusi satu instruksi program. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu kelas ATtiny, keluarga AT90Sxx, keluarga ATmega, dan AT86RFxx. Dalam dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama.

Mikrokontroler AVR ATmega16 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega16 telah dilengkapi dengan ADC *internal*, EEPROM *internal*, Timer/Counter, PWM, analog comparator, dll (M.Ary Heryanto, 2008). Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan kita belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan efisien, serta dapat mengembangkan kreativitas penggunaan mikrokontroler ATmega16.

Fitur-fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega16 adalah sebagai berikut:

1. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu port A, port B, port C, dan port D.
2. ADC internal sebanyak 8 saluran.
3. Tiga buah Timer/Counter dengan kemampuan perbandingan.

4. CPU yang terdiri atas 32 buah register.
5. SRAM sebesar 1 Kbyte.
6. Memori Flash sebesar 16 kb dengan kemampuan Read While Write.
7. Port antarmuka SPI
8. EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi.
9. Antarmuka komparator analog.
10. Port USART untuk komunikasi serial.
11. Sistem mikroprosesor 8 bit berbasis RISC dengan kecepatan maksimal 16 MHz.

Mikrokontroler ATmega16 memiliki 3 jenis memori, yaitu memori program, memori data dan memori EEPROM. Ketiganya memiliki ruang sendiri dan terpisah.

a. Memori program

ATmega16 memiliki kapasitas memori program sebesar 16 kbyte yang terpetakan dari alamat 0000h – 0FFFh dimana masing-masing alamat memiliki lebar data 16 bit. Memori program ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu bagian program *boot* dan bagian program aplikasi.

b. Memori data

ATmega16 memiliki kapasitas memori data sebesar 608 byte yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu register serba guna, register I/O dan SRAM. ATmega16 memiliki 32 byte register serba guna, 64 byte register I/O yang dapat diakses sebagai bagian dari memori RAM (menggunakan instruksi LD atau ST) atau dapat juga diakses sebagai I/O (menggunakan instruksi IN atau OUT), dan 1 Kbyte digunakan untuk memori data SRAM.

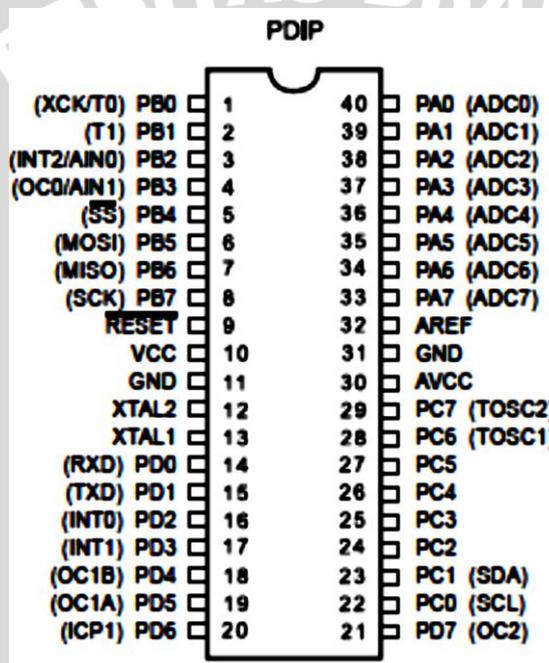
c. Memori EEPROM

ATmega16 memiliki memori EEPROM sebesar 512 byte yang terpisah dari memori program maupun memori data. Memori EEPROM ini hanya dapat diakses dengan menggunakan register-register I/O yaitu register EEPROM *Address*, register EEPROM *Data*, dan register EEPROM *Control*. Untuk mengakses memori EEPROM ini diperlakukan seperti mengakses data eksternal, sehingga waktu eksekusinya relatif lebih lama bila dibandingkan dengan mengakses data dari SRAM.

ATmega16 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega16 dapat

dikonfigurasi, baik secara *single ended input* maupun *differential input*. Selain itu, ADC ATmega16 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan filter derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

ATmega16 memiliki 3 modul *timer* yang terdiri dari 2 buah *timer/counter* 8 bit dan 1 buah *timer/counter* 16 bit. Ketiga modul *timer/counter* ini dapat diatur dalam mode yang berbeda secara individu dan tidak saling mempengaruhi satu sama lain. Selain itu, semua *timer/counter* juga dapat difungsikan sebagai sumber interupsi. Masing-masing *timer/counter* ini memiliki register tertentu yang digunakan untuk mengatur mode dan cara kerjanya.



Gambar 2.4 Konfigurasi Pin ATmega16  
Sumber: ATMEL ATmega16(L), 2006

Konfigurasi pin ATmega16 dengan kemasan 40 pin DIP (*Dual Inline Package*) ditunjukkan dalam Gambar 2.4. Dari Gambar 2.4 tersebut dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing pin ATmega16 sebagai berikut:

1. VCC merupakan pin yang berfungsi sebagai masukan catu daya.
2. GND merupakan pin *Ground*.
3. *Port A* (PortA0...PortA7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin masukan ADC.
4. *Port B* (PortB0...PortB7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Fungsi Khusus Port B

Pin	Fungsi Khusus
<b>PB7</b>	SCK (SPI Bus Serial Clock)
<b>PB6</b>	MISO (SPI Bus Master Input/ Slave Output)
<b>PB5</b>	MOSI (SPI Bus Master Output/ Slave Input)
<b>PB4</b>	SS (SPI Slave Select Input)
<b>PB3</b>	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
<b>PB2</b>	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
<b>PB1</b>	T1 (Timer/ Counter1 External Counter Input)
<b>PB0</b>	T0 T1 (Timer/Counter External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

Sumber : ATMEL ATmega16(L), 2006

5. Port C (PortC0...PortC7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Fungsi Khusus Port C

Pin	Fungsi khusus
<b>PC7</b>	TOSC2 ( Timer Oscillator Pin2)
<b>PC6</b>	TOSC1 ( Timer Oscillator Pin1)
<b>PC5</b>	Input/Output
<b>PC4</b>	Input/Output
<b>PC3</b>	Input/Output
<b>PC2</b>	Input/Output
<b>PC1</b>	SDA ( Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
<b>PC0</b>	SCL ( Two-wire Serial Bus Clock Line)

Sumber : ATMEL ATmega16(L), 2006

6. Port D (PortD0...PortD7) merupakan pin *input/output* dua arah dan pin fungsi khusus, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Fungsi Khusus Port D

Pin	Fungsi khusus
<b>PD7</b>	OC2 (Timer/Counter Output Compare Match Output)
<b>PD6</b>	ICP (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
<b>PD5</b>	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
<b>PD4</b>	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
<b>PD3</b>	INT1 (External Interrupt 1 Input)
<b>PD2</b>	INT0 (External Interrupt 0 Input)
<b>PD1</b>	TXD (USART Output Pin)
<b>PD0</b>	RXD (USART Input Pin)

Sumber : ATMEL ATmega16(L), 2006



7. RESET merupakan pin yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan pin masukan *clock* eksternal.
9. AVCC merupakan pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREFF merupakan pin masukan tegangan referensi ADC.

## 2.5 Sensor Ultrasonik PING)))

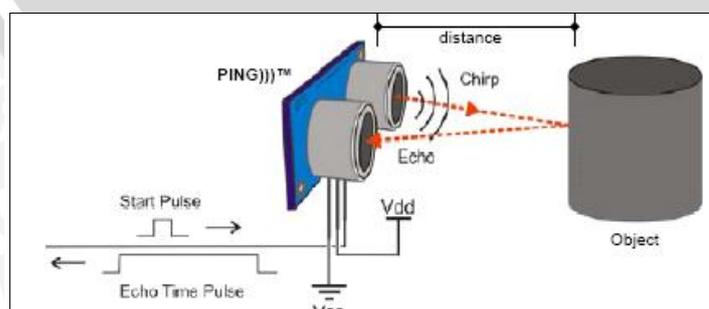
Sensor ultrasonik yang dipakai dalam penelitian ini adalah sensor PING))) produksi Parallax yang berupa modul siap pakai lengkap dengan pengirim dan penerima. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak dengan frekuensi 40 kHz. Sinyal data sensor PING))) ini akan masuk ke kaki mikrokontroler. Gambar 2.5 menunjukkan bentuk fisik sensor ultrasonik PING))).



Gambar 2.5 Sensor Ultrasonik PING)))

Sumber: Parallax, 2008: 1

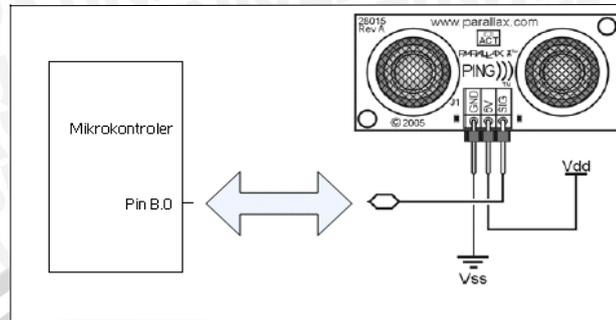
Modul PING))) mengukur jarak objek dengan cara memancarkan gelombang ultrasonik (40 kHz) selama  $t_{BURST}$  (200  $\mu$ s) kemudian menunggu pantulannya. Modul PING))) memancarkan gelombang ultrasonik sesuai dengan masukan kontrol pin SIG. Gelombang ultrasonik ini melalui udara dengan kecepatan kurang lebih 344 meter per detik, mengenai objek dan memantul kembali ke modul PING))). Modul PING))) akan mengeluarkan pulsa *high* dalam pin SIG setelah memancarkan gelombang ultrasonik. Setelah pantulan gelombang terdeteksi, modul PING))) akan membuat pin SIG *low*. Lebar pulsa *high* ( $t_{IN}$ ) ini sesuai dengan lama waktu tempuh gelombang ultrasonik untuk 2 kali jarak objek, sehingga jarak objek yang terukur adalah  $[(t_{IN} \text{ s} \times 344 \text{ m/s}) / 2]$  meter. Gambar 2.6 menunjukkan ilustrasi cara kerja modul PING))).



Gambar 2.6 Ilustrasi Cara Kerja Modul PING)))

Sumber: Parallax, 2008: 2

Sensor PING))) ini memiliki 3 buah kaki atau pin yakni pin VCC, pin GND dan pin SIG. Pin yang digunakan untuk mengirim data adalah pin SIG Komunikasi mikrokontroler dengan sensor PING))) ditunjukkan dalam Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Komunikasi Mikrokontroler Dengan PING)))

Sumber: Parallax, 2008: 3

Sensor PING))) ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya bahwa sensor ini memiliki tingkat akurat yang tinggi, sensor ini mampu mendeteksi benda didepannya walaupun sudutnya tidak tegak lurus dan sensor ini mampu mendeteksi benda walaupun benda tersebut berukuran kecil.

## 2.6 Motor DC

Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu (E. Pitowarno, 2006). Motor DC dikendalikan dengan menentukan arah dan kecepatan putarnya. Arah putaran motor DC adalah searah dengan arah putaran jarum jam (Clock Wise/CW) atau berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam (Counter Clock Wise/CCW), yang bergantung dari hubungan kutub yang diberikan dalam motor DC. Kecepatan putar motor DC diatur dengan besarnya arus yang diberikan. Bentuk fisik motor DC ditunjukkan dalam Gambar 2.8.

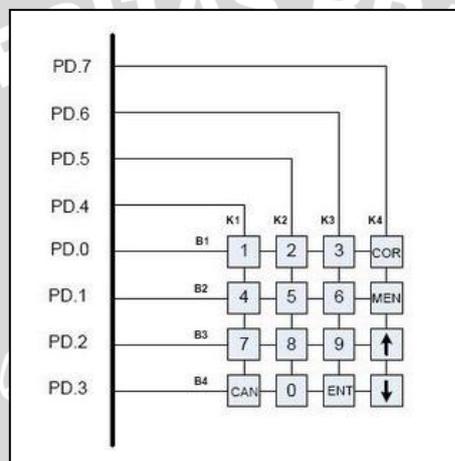


Gambar 2.8 Bentuk Fisik Motor DC

Sumber: Innovative Electronics, 2008

## 2.7 Keypad Matrik 4x4

Tombol tekan atau keypad merupakan suatu sarana yang digunakan untuk memasukkan data ke suatu alat atau *device*. Dalam Sistem Pendaftaran ini data dari *keypad* akan diproses oleh mikrokontroler. *Keypad* yang digunakan ini berupa *keypad* matrik 4x4 yang terhubung sebagai baris dan kolom. Jika tombol 1 ditekan maka yang terhubung adalah kolom 1 dan baris 1, jika yang ditekan tombol 2 maka yang terhubung adalah kolom 2 dan baris 1, dan seterusnya. *Keypad* dapat dihubungkan langsung ke port dari mikrokontroler AVR tanpa komponen tambahan. Gambar 2.9 menunjukkan rangkaian *keypad* matrik 4x4.



Gambar 2.9 Rangkaian *Keypad* Matrik 4x4

Sumber: *Connecting a keypad to an AVR*, 2006

## BAB III METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk merealisasikan alat yang dirancang adalah penentuan spesifikasi alat, studi literatur, perancangan dan pembuatan alat, pengujian alat, dan pengambilan kesimpulan.

### 3.1. Penentuan Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat secara global ditetapkan terlebih dahulu sebagai acuan dalam perancangan selanjutnya. Spesifikasi alat yang direncanakan adalah sebagai berikut:

1. Alat berbentuk menyerupai jangka dengan ketinggian 20 cm.
2. Struktur jangka meliputi poros jangka, jari-jari otomatis, dan tempat pemasangan mata intan.
3. Jangka mampu menggores kaca dengan ketebalan maksimum 3 mm.
4. *Keypad* digunakan sebagai pemberi masukan data dalam mikrokontroler.
5. Motor DC pengukur sudut bergerak searah jarum jam dengan sudut maksimal 180 derajat dengan toleransi sebesar 5 derajat.
6. Motor DC *slider* dapat bergerak sesuai dengan masukan yang diberikan.
7. Sensor PING yang difungsikan sebagai penanda jarak antara pusat jangka dengan mata intan (panjang jari-jari).
8. Jarak jari-jari yang mampu digoreskan antara 10 cm sampai 30 cm dengan toleransi kesalahan sebesar 6 mm.
9. Mikrokontroler yang digunakan adalah Atmel ATmega16.
10. Alat dilengkapi LCD 2X16 karakter untuk menampilkan panjang jari-jari yang diinginkan dan derajat sudut yang diperlukan.
11. Menggunakan catu daya dari sumber AC yang telah disearahkan.

### 3.2 Perancangan dan Peralisasian Alat

Perancangan dan perrealisasian alat meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

#### 3.2.1 Perancangan Perangkat Keras dan Realisasi Tiap Blok

- a. Pembuatan blok diagram lengkap sistem
- b. Penentuan dan perhitungan komponen yang akan digunakan

- c. Desain papan cetak (PCB) menggunakan *software* Eagle Layout Editor
- d. Merakit perangkat keras masing-masing blok

### **3.2.2 Perancangan dan Penyusunan Perangkat Lunak**

Setelah kita mengetahui seperti apa perangkat keras yang dirancang, maka kita membutuhkan perangkat lunak untuk mengendalikan dan mengatur kerja dari alat ini. Desain dan parameter yang telah dirancang kemudian diterapkan ke dalam mikrokontroler ATmega16 dengan menggunakan bahasa C dan *compiler* CodeVision AVR.

### **3.3 Pengujian Alat**

Untuk memastikan bahwa sistem ini berjalan sesuai yang direncanakan maka perlu dilakukan pengujian alat meliputi perangkat keras (*hardware*) yang dilakukan baik per blok rangkaian maupun keseluruhan sistem.

#### **3.3.1. Pengujian Perangkat Keras**

Pengujian perangkat keras dilakukan dengan tujuan untuk menyesuaikan nilai tegangan dan arus yang diijinkan bekerja dalam komponen berdasarkan data sekunder komponen yang diambil dari buku data komponen elektronika maupun dari datasheet.

#### **3.3.2. Pengujian Keseluruhan Sistem**

Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui unjuk kerja alat setelah perangkat keras dan perangkat lunak diintegrasikan bersama.

## BAB IV

### PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

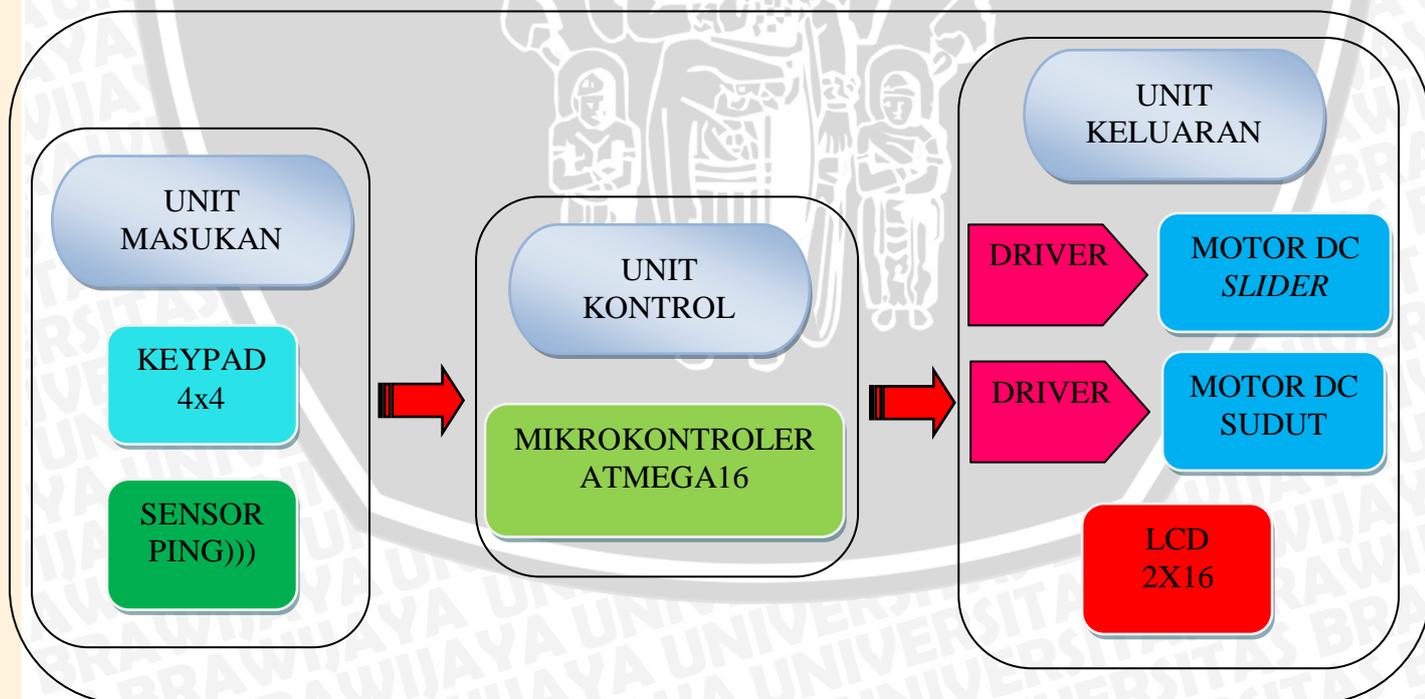
Perancangan alat ini dilakukan secara bertahap dalam bentuk blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan.

Perancangan Perancangan ini terdiri atas:

- Perancangan sistem.
- Perancangan mekanik jangka penggores kaca otomatis.
- Perancangan perangkat keras (rangkaiannya catu daya sistem, rangkaian mikrokontroler, rangkaian *driver* motor DC, kontrol motor DC, rangkaian keypad 4x4, dan rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)).
- Perancangan perangkat lunak (*software*)

#### 4.1 Perancangan Sistem

Perancangan jangka penggores kaca otomatis ini secara umum dibagi menjadi tiga bagian, yaitu unit masukan, unit kontrol, dan unit keluaran seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem

Fungsi masing-masing unit dalam gambar diatas adalah sebagai berikut:

1). Unit Masukan

Blok ini berisi Modul tombol (*keypad*) dan sensor jarak PING)). Modul tombol (*keypad*) digunakan untuk menginput data jari-jari dan sudut yang diinginkan ke mikrokontroler AtMega16. Sensor jarak PING)) digunakan sebagai pendeteksi jarak antara pusat jangka dengan pisau pemotong. Sensor ini membutuhkan catu daya 5V DC dan keluaran dari sensor berupa jarak hasil pemantulan gelombang ultrasonik.

2). Unit Kontrol

Mikrokontroler yang digunakan adalah mikontroler ATMega16. Fungsi dari mikrokontroler ini adalah untuk mengontrol kecepatan putaran dan arah motor DC sebagai penggerak *slider* otomatis, mengontrol besar sudut yang digoreskan oleh motor DC pengukur sudut sesuai dengan masukan yang diberikan, dan menampilkan data masukan berupa jarak dan sudut dari *keypad* ke LCD 2X16.

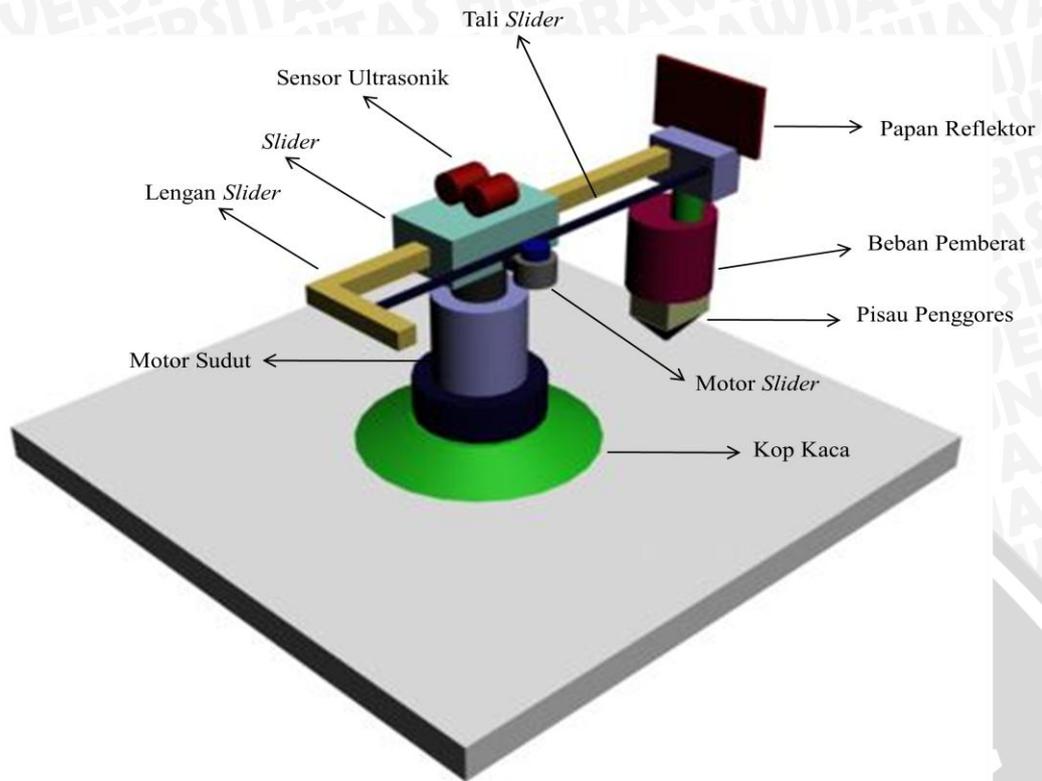
3). Unit Keluaran

Terdapat 2 motor DC dalam sistem jangka penggores kaca otomatis ini. Masing-masing motor dikendalikan oleh sebuah *driver* motor.

- Motor penggerak *slider* dengan kecepatan konstan motor mulai berputar terus sampai jarak penghitung dari sensor PING)) sesuai dengan data yang dimasukkan.
- Motor pengukur sudut dengan kecepatan konstan motor akan bergerak membentuk sudut yang sudah ditentukan oleh masukan sistem.
- Selain itu juga terdapat LCD 2x16 sebagai penampil jarak jari-jari dan sudut yang dimasukan melalui *keypad* ke dalam sistem.

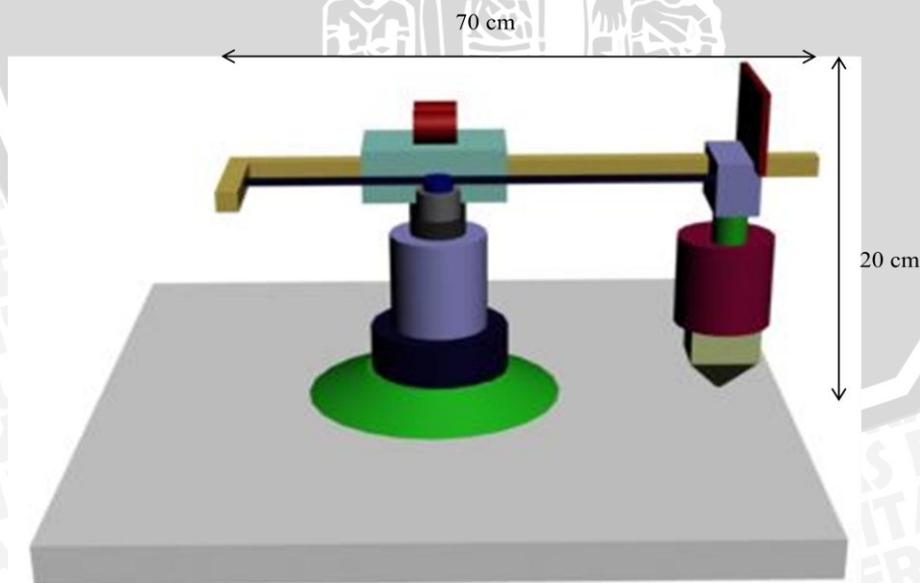
#### 4.2 Perancangan Mekanik Jangka Penggores Kaca Otomatis

Mekanik alat ini dibuat seminimal mungkin, sehingga menghasilkan keluaran yang maksimal dan dapat direalisasikan langsung pada proses pemotongan kaca. Ukuran dari alat dibuat seefisien mungkin agar mudah untuk dipindahkan. Gambar prespektif dan perancangan jangka penggores kaca ini ditunjukkan dalam Gambar 4.2.

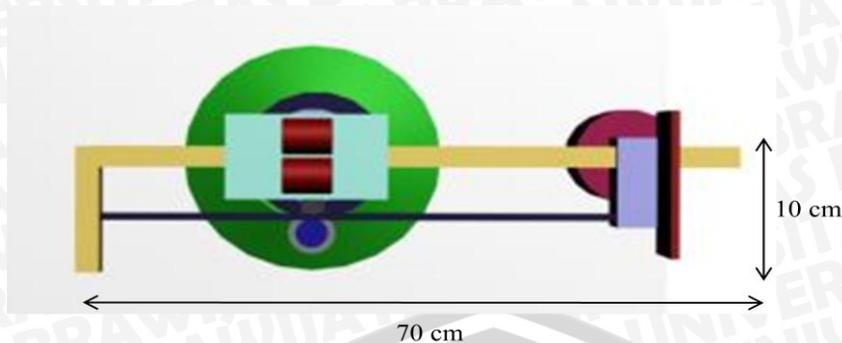


Gambar 4.2 Prespektif Desain Mekanik Jangka Penggores Kaca

Dimensi keseluruhan dari jangka penggores kaca ditunjukkan dalam Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 yaitu panjang 70 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 20 cm dengan bentuk slider yang dapat memanjang dan memendek secara otomatis.



Gambar 4.3 Jangka Penggores Kaca Tampak Samping



Gambar 4.4 Jangka Penggores Kaca Tampak Atas

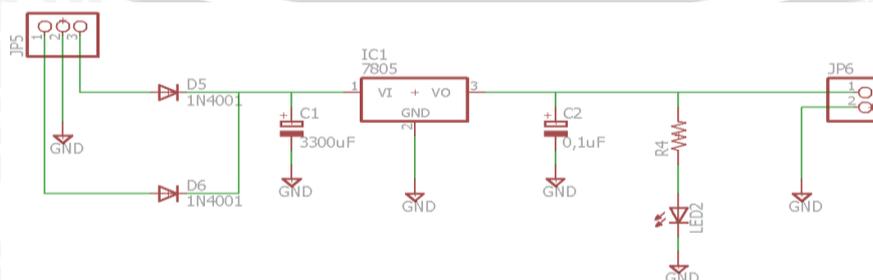
### 4.3 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang dibutuhkan untuk menggerakkan jangka penggores kaca otomatis ini terdiri dari beberapa rangkaian, yaitu rangkaian catu daya sistem, rangkaian sensor ultrasonik, rangkaian mikrokontroler, rangkaian *driver* motor, rangkaian *keypad* 4x4, dan rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*).

#### 4.3.1 Perancangan Rangkaian Catu Daya Sistem

Sistem ini membutuhkan dua jenis catu daya yang berbeda. Catu daya 5 V digunakan untuk rangkaian kontrol yang terdiri atas mikrokontroler ATmega16, sensor Ultrasonik (PING)), dan LCD 2X16 yang diperoleh dari sebuah transformator 1 A. Sedangkan catu daya 8,48 V digunakan sebagai catu tegangan motor DC pengukur sudut dan motor DC penggerak *slider* yang diperoleh dari *Switch Mode Power Supply* (SMPS). Catu daya yang digunakan untuk menjalankan sistem kontrol ini memiliki catu tegangan yang terpisah dari catu tegangan motor dengan maksud menghindari efek jatuh tegangan awal saat kedua motor DC mulai berjalan.

Catu daya rangkaian kontrol diperoleh dari sumber trafo CT 1000 mA dengan tegangan 9V yang disearahkan melalui 2 buah dioda 1N4001, kemudian digunakan *regulator* LM7805 dengan keluaran 5 V untuk mencatu mikrokontroler ATmega16, IC L293D, sensor Ultrasonik (PING)), dan LCD 2X16. Rangkaian untuk catu daya sistem kontrol ditunjukkan dalam Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Rangkaian Catu Daya Sistem Kontrol

Berdasarkan *datasheet* dioda 1N4001 dapat diketahui bahwa nilai *forward voltage* dioda 1N4001 ( $V_{dioda}$ ) sebesar 1V. Tegangan keluaran penyearah gelombang penuh dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4-1).

$$\begin{aligned} V_T &= V_{trafo} - V_{dioda} \\ V_T &= (9V \cdot \sqrt{2}) - 1V \\ &= 11,73V \end{aligned} \quad (4-1)$$

Sesuai *datasheet* LM7805, tegangan masukan minimum *regulator* ini agar dapat bekerja dengan baik adalah 7 V dan 20 V untuk tegangan masukan maksimumnya, sehingga tegangan masukan sebesar 11,73 V masih wajar dan aman digunakan.

Tegangan masukan diperoleh dari sumber trafo CT 1000mA dengan tegangan 9V yang disearahkan melalui penyearah gelombang penuh yang terdiri atas 2 dioda 1A (1N4001) yang disusun *cascade*, akibatnya frekuensi tegangan DC keluaran penyearah gelombang penuh menjadi 2X frekuensi jala-jala PLN yaitu 100Hz. Kapasitor  $C_1$  digunakan untuk mengurangi *ripple peak to peak* pada tegangan keluaran penyearah gelombang penuh. Nilai  $V_{rpp}$  dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4-2).

$$\begin{aligned} V_c(t) &= \frac{1}{C} \int i(t) dt \\ \frac{d}{dt} V_c(t) &= \frac{i(t)}{C} \\ dV_c &\cong V_{rpp} \\ \frac{V_{rpp}}{T} &= \frac{i(t)}{C} \end{aligned} \quad (4-2)$$

$i(t)$  tidak lain adalah arus beban ( $I_{DC}$ ) dan  $T=(1/f)$ , sehingga terlihat hubungan antara  $I_{DC}$ , kapasitansi  $C_1$  dan tegangan  $V_{rpp}$  seperti ditunjukkan dalam Persamaan (4-3).

$$V_{rpp} = \frac{I_{DC}}{f \cdot C} \quad (4-3)$$

$$C = \frac{I_{DC}}{f \cdot V_{rpp}} \quad (4-4)$$

Dalam perancangan diinginkan bahwa dalam keadaan arus beban maksimum ( $I_{DC}=1A$ ) dan tegangan *ripple peak to peak* yang terjadi tidak lebih dari 3Vpp. Berdasarkan Persamaan (4-4), nilai  $C_1$  yang dibutuhkan adalah:

$$C_1 = \frac{1A}{100\text{Hz} \cdot 3V_{pp}} \quad (4-4)$$

$$= 3333\mu F$$

Karena keterbatasan nilai kapasitor yang ada dipasaran, maka nilai  $C_1$  yang digunakan sebesar  $3300\mu F$ .

#### 4.3.2 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler

Jangka penggores kaca ini dikontrol menggunakan mikrokontroler ATmega16. Pin-pin pada mikrokontroler ini dihubungkan langsung dengan jalur sinyal pada *driver* motor DC, sensor ultrasonik, *keypad*, dan LCD *display* 2x16. Pin-pin yang digunakan dalam perancangan rangkaian mikrokontroler pada jangka penggores kaca ini adalah sebagai berikut:

- 1). Port A : Sebagai sinyal data *keypad*
- 2). Pin B.0 : Sebagai input sensor ultrasonik (PING)).
- 3). Port C : Sebagai sinyal data LCD.
- 4). Pin D.4 : Sebagai sinyal kontrol *driver* Motor DC.
- 5). Pin D.5 : Sebagai sinyal kontrol *driver* Motor DC.
- 6). Pin D.6 : Sebagai sinyal kontrol pada relay *driver* Motor DC.

Mikrokontroler menggunakan Kristal osilator eksternal sebesar 12 MHz yang dihungkan dengan kapasitor sebesar 22 pF sesuai dengan datasheet ATmega16. Modul *RESET* pada minimum sistem ATmega 16 disusun menggunakan resistor dan kapasitor yang dihubungkan dengan PIN *RESET* mikrokontroler. Hubungan antara waktu reset, resistor ( $R_{12}$ ), kapasitor ( $C_3$ ) ditunjukkan dalam persamaan (4-5).

$$t = -R_{12} \cdot C_3 \cdot \ln\left(1 - \frac{V_{RST}}{V_{POT}}\right) \quad (4-5)$$

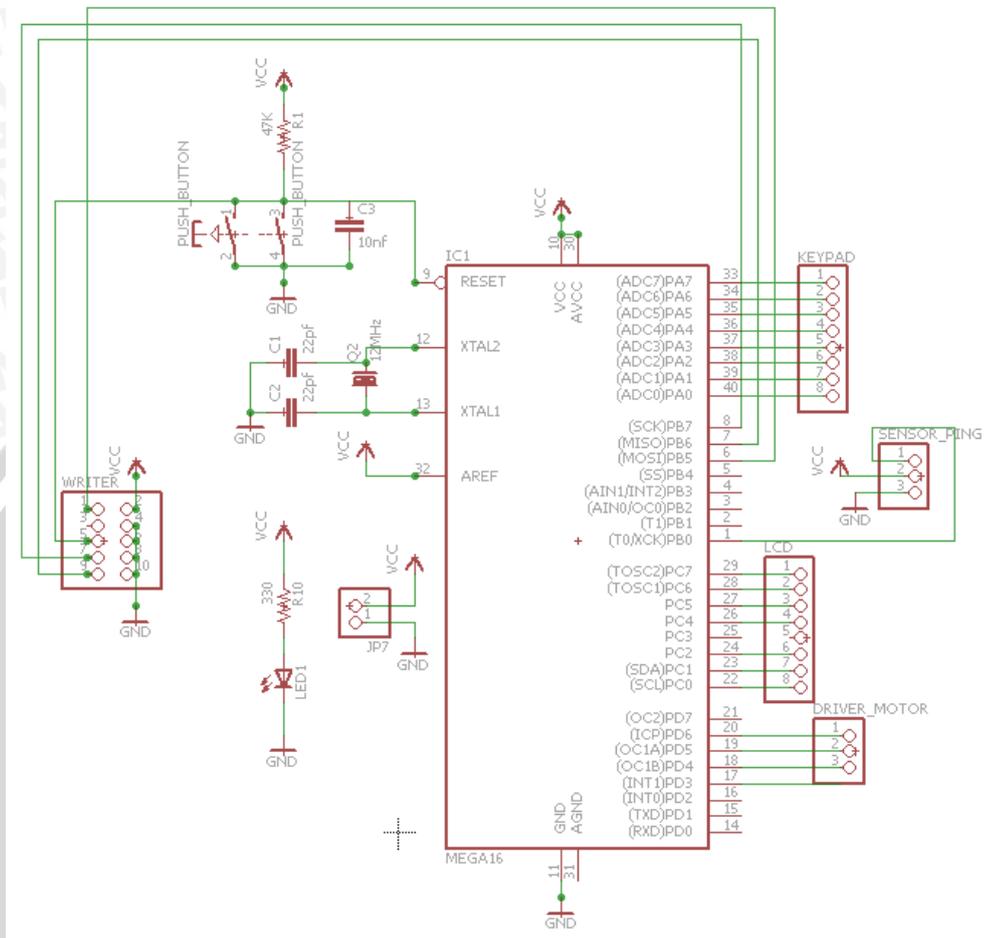
Berdasarkan datasheet ATmega16 dapat diketahui bahwa waktu minimal untuk mereset mikrokontroler sebesar  $15\mu s$ , sedangkan tegangan logika rendah pada PIN reset ( $V_{RST}$ ) sebesar  $0,1 \times V_{CC}$  yaitu  $0,5V$  dan voltage power on threshold ( $V_{POT}$ ) sebesar  $2,3V$ . Nilai  $R_1$  harus bernilai antara  $30\text{ k}\Omega$  -  $80\text{ k}\Omega$ , dengan menentukan nilai sebesar  $47\text{ k}\Omega$  dan  $C_3$  sebesar  $10\text{ nF}$  akan didapat waktu *reset* selama:

$$t = -47\text{k}\Omega \cdot 10\text{nF} \cdot \ln\left(1 - \frac{0,5V}{2,3V}\right)$$

$$= 47\text{k}\Omega \cdot 10\text{nF} \cdot 0,245$$

$$= 115\mu s$$

Nilai  $t$  sebesar  $115\mu\text{s}$  sudah memenuhi batas waktu yang dibutuhkan untuk mereset mikrokontroler. Gambar 4.6 menunjukkan konfigurasi PIN pada minimum sistem ATmega16.



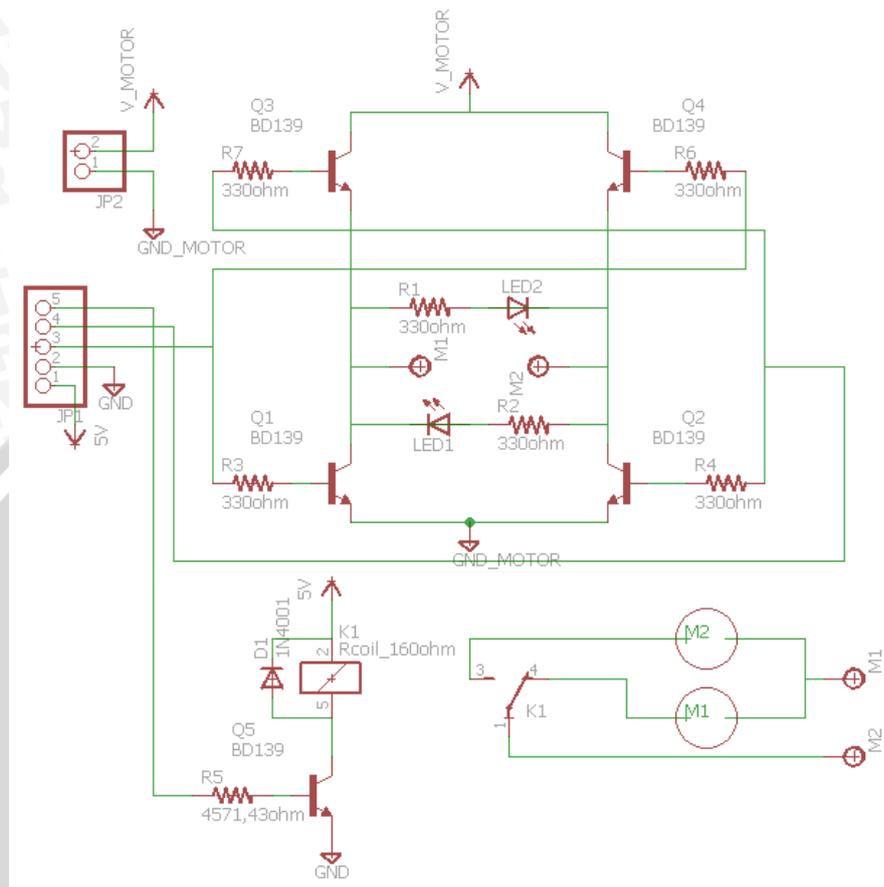
Gambar 4.6 Konfigurasi PIN pada Sistem Minimum ATmega16

### 4.3.3 Perancangan Rangkaian *Driver* Motor DC

*Driver* motor DC digunakan untuk menggerakkan motor DC menggunakan mikrokontroler. Arus yang dikeluarkan oleh mikrokontroler sangat kecil sehingga untuk menggerakkan motor DC diperlukan suatu rangkaian *driver* motor yang mampu mengalirkan arus sampai beberapa ampere. Rangkaian *driver* motor DC dapat berupa transistor, *relay* atau IC (*Integrated Circuit*).

Rangkaian *driver* motor terdiri atas empat transistor NPN BD139 yang disusun menjadi jembatan H serta disambung dengan pin D.4 dan pin d.5 pada mikrokontroler. Sistem kerja *driver* ini sebagai kontrol ON-OFF yang digunakan sebagai pengontrol arah putar motor. Sedangkan untuk *switching* motor *slider* dan pengatur sudut

digunakan *relay* yang disambungkan pada pin D.6 mikrokontroler. Rangkaian *driver* motor ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Rangkaian *Driver* Motor DC

Berdasarkan *datasheet*, transistor NPN BD139 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

$I_C$ max	= 1500 mA
VCE sat	= 500 mV
VBE sat	= 1 V
Hfe	= 40 (Untuk test condition $I_C = 150$ mA)

Sedangkan untuk spesifikasi jembatan h pada *driver* motor adalah :

$I_{motor}$ max	= 400 mA
-----------------	----------

Arus kolektor ( $I_C$ ) yang mengalir pada kaki kolektor transistor NPN BD139 sebesar 400 mA. Nilai arus basis ( $I_B$ ) yang mengalir pada kaki basis transistor NPN BD139 dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4-6).

$$I_B = \frac{I_C}{h_{fe}} \quad (4-6)$$

$$I_B = \frac{400\text{mA}}{40} \\ = 10\text{ mA}$$

Nilai arus basis ( $I_B$ ) yang mengalir pada transistor NPN BD139 sebesar 10 mA. Tegangan *high level* ( $V_{OH}$ ) minimum dari mikrokontroler sebesar 4,2V. Nilai  $R_B$  dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4-7).

$$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{BE} \quad (4-7)$$

$$4,2\text{V} = 10\text{mA} \cdot R_B + 1\text{V}$$

$$R_B = \frac{4,2\text{V} - 1\text{V}}{10\text{mA}} \\ = 320\Omega \approx 330\Omega$$

Nilai  $R_B$  sebesar 330  $\Omega$  merupakan nilai resistansi standar yang digunakan.

Sedangkan untuk mengaktifkan *relay*, nilai arus kolektor ( $I_C$ ) yang melalui transistor NPN BD139 saat kondisi saturasi dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4-8).

$$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} \quad (4-8)$$

$$5\text{V} = I_C \cdot 160\text{ohm} + 0,5\text{V}$$

$$I_C = \frac{5\text{V} - 0,5\text{V}}{160\text{ohm}} \\ = 28,1\text{mA}$$

Arus kolektor ( $I_C$ ) yang mengalir pada kaki kolektor transistor NPN BD139 sebesar 28,1 mA. Nilai arus basis ( $I_B$ ) yang mengalir pada kaki basis transistor NPN BD139 dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4-9).

$$I_B = \frac{I_C}{h_{fe}} \quad (4-9)$$

$$I_B = \frac{28,1\text{mA}}{40} \\ = 0,7\text{ mA}$$

Nilai arus basis ( $I_B$ ) yang mengalir pada transistor NPN BD139 sebesar 0,7 mA. Tegangan *high level* ( $V_{OH}$ ) minimum dari mikrokontroler sebesar 4,2V. Nilai  $R_B$  dapat dihitung berdasarkan Persamaan (4-10).

$$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{BE} \quad (4-10)$$

$$4,2V = 0,7mA.R_B + 1V$$

$$R_B = \frac{4,2V - 1V}{0,7mA}$$

$$= 4571,43\Omega \approx 4570\Omega$$

Nilai  $R_B$  sebesar  $4570\Omega$  merupakan nilai seri resistor  $4,3K \Omega$  dan  $270 \Omega$ .

#### 4.3.4 Perancangan Kontrol Motor DC

Sinyal kontrol berupa pulsa periodik dibutuhkan untuk mengatur kecepatan motor DC. Sinyal kontrol dapat diatur melalui mode *timer* dan *counter* yang dapat menghasilkan sinyal PWM. Pengaturan kecepatan ini dapat mempengaruhi kinerja motor *slider* dan motor sudut, agar perubahan jarak pada sensor PING))) tidak terlalu cepat dan sudut yang diinginkan dapat tercapai.

PWM ini dapat dibangkitkan melalui *software*. Lebar pulsa PWM dinyatakan dalam Duty Cycle. Misalnya duty cycle 10 %, berarti lebar pulsa adalah 1/10 bagian dari satu perioda penuh (E. Pitowarno, 2006).

Lebar sinyal high pada awal pulsa periodik diatur oleh Output Compare Register (OCR1A dan OCR1B) pada timer 16 bit. Perhitungan nilai pada register OCR1A dan OCR1B diperoleh dari datasheet ATmega16. Rumusan frekuensi dan periode sinyal keluaran pin *output compare* OC1A/OC1B dengan menggunakan timer/counter1 dengan mode *Phase Correct PWM* ditunjukkan dalam persamaan (4-11) dan (4-12):

$$f_{OCPWM} = \frac{f_{clk\_I/O}}{2.N.(1+TOP)} \tag{4-11}$$

$$T_{OCPWM} = \frac{2.N.(1+TOP)}{f_{clk\_I/O}} \tag{4-12}$$

dengan  $f_{OCnxPWM}$  = Frekuensi PWM pada mode Output Compare

$f_{clk\_I/O}$  = Frekuensi clock

N = Prescaler

TOP = Nilai pada *Output Compare Register*

Pada perancangan digunakan clock dengan frekuensi 12 MHz dan prescaler 64x. Sesuai dengan persamaan (4-12) maka:

Untuk nilai TOP sebesar 1023 :

$$T_{OCPWM} = \frac{2.64.(1+1023)}{12000000} = 10,93 \text{ ms}$$



Untuk nilai TOP sebesar 700 :

$$T_{OCPWM} = \frac{2.64 \cdot (1+700)}{12000000} = 7,48 \text{ ms}$$

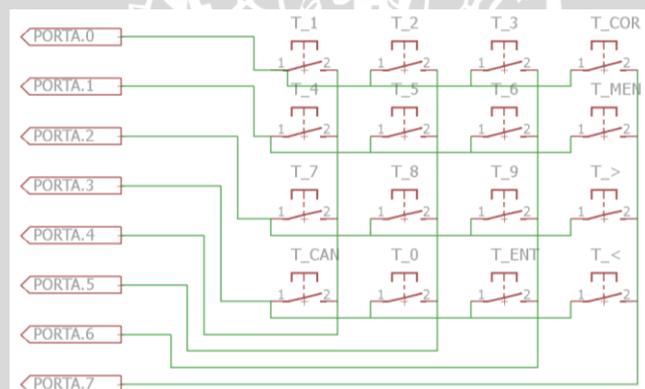
Untuk nilai TOP sebesar 900 :

$$T_{OCPWM} = \frac{2.64 \cdot (1+900)}{12000000} = 9,61 \text{ ms}$$

Nilai yang diperoleh dari perhitungan periode diatas nantinya akan digunakan sebagai pengatur kecepatan motor yang diperlukan sistem.

#### 4.3.5 Perancangan Rangkaian Keypad 4x4

Dalam perancangan ini keypad yang digunakan adalah keypad 4x4. Keypad digunakan untuk memberi masukan berupa data kepada mikrokontroler. Baris dari keypad terhubung dengan port mikrokontroler dikonfigurasi sebagai jalur keluaran sedangkan kolom dari keypad terhubung dengan port mikrokontroler yang dikonfigurasi sebagai jalur masukan. Rangkaian dari keypad ditunjukkan dalam Gambar 4.8.



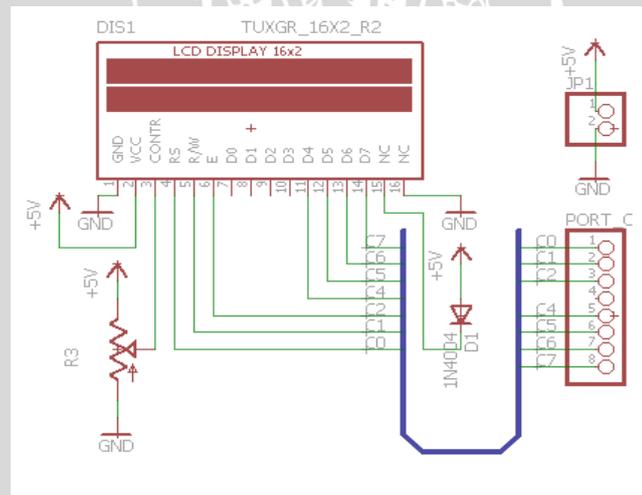
Gambar 4.8 Rangkaian Keypad 4x4

Metode yang digunakan untuk membaca data dari keypad menggunakan metode *scanning* kolom dari keypad. Pada metode ini, awalnya baris diatur sebagai output dan kolom diatur sebagai input. Pada saat saat inisialisasi program, baris diberi logika tinggi. Kemudian pada saat proses scanning setiap baris secara berurutan dan bergantian diberi logika rendah. Setelah itu dilakukan pembacaan logika pada kolom. Jika sebuah tombol ditekan pada saat baris yang bersangkutan berlogika rendah, maka baris tersebut akan terhubung dengan kolom sehingga kolom yang bersangkutan akan berlogika rendah. Sehingga data hasil penekanan tombol akan terbaca sesuai dengan posisi baris dan kolom saat logika rendah. Jika tombol 1 ditekan maka yang terhubung adalah kolom 1 dan baris 1, jika yang ditekan tombol 2 maka yang terhubung adalah

kolom 2 dan baris 1, dan seterusnya. Apabila tidak ada tombol yang ditekan maka program akan terus melakukan proses scanning.

#### 4.3.6 Perancangan Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)

Dalam perancangan ini LCD digunakan untuk menampilkan warna apa yang akan kita pilih setelah menekan saklar pilih warna. Pin RS dari LCD terhubung ke PORTC.0 mikrokontroler, pin R/W dari LCD terhubung ke PORTC.1 dan pin *Enable* dari LCD terhubung ke PORTC.2 dari mikrokontroler. Sedangkan pin data dari LCD (DB4 sampai DB7) dihubungkan dengan PORT.C nomor 4 sampai nomor 7 dari mikrokontroler. LCD ini membutuhkan catu daya antara 5 volt sedangkan untuk *backlight*-nya membutuhkan catu daya 4 – 4,3 volt sehingga diperlukan penambahan dioda IN4002. Pada pin nomor 3 digunakan untuk mengatur kontras LCD, sehingga digunakan variabel resistor dengan nilai 10k $\Omega$ . Gambar rangkaian dari LCD 2 x 16 ditunjukkan dalam Gambar 4.9.



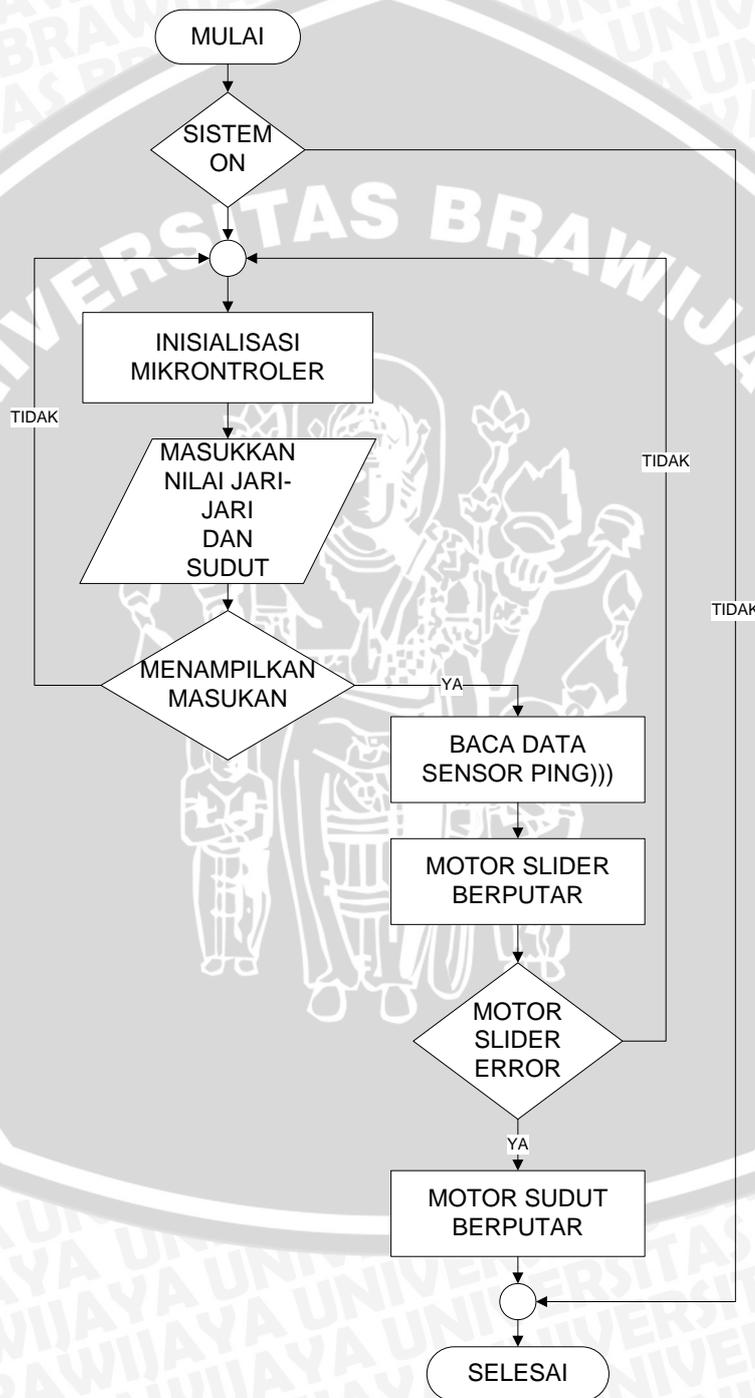
Gambar 4.9 Rangkaian LCD 2 x 16

#### 4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dibutuhkan untuk mengendalikan sistem perangkat keras. Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan pembuatan *flowchart* untuk mengetahui proses aliran data dalam mikrokontroler ATmega16. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah bahasa pemrograman Code Vision AVR.

Saat awal sistem dinyalakan, sistem akan terlebih dahulu membaca data panjang jari-jari yang dimasukkan melalui *keypad*. Kemudian data besar sudut yang dibutuhkan dimasukkan melalui *keypad*. Kedua data tersebut akan diproses dalam mikrokontroler

ATMega16 dan ditampilkan melalui LCD 2x16. Jika data jarak yang didapatkan dari sensor PING))) sesuai dengan panjang jari-jari yang dibutuhkan, maka motor penggerak *slider* yang bergerak untuk memperlebar jarak akan berhenti. Selanjutnya data besar sudut digunakan sebagai acuan motor pengatur sudut untuk menggores permukaan kaca secara melingkar. Diagram alir perancangan perangkat lunak ditunjukkan dalam Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Diagram Alir Perancangan Perangkat Lunak

## BAB V

### PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui kinerja alat apakah telah sesuai dengan hasil yang telah dirancang. Pengujian dilakukan dalam masing-masing blok dan secara keseluruhan. Secara garis besar pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

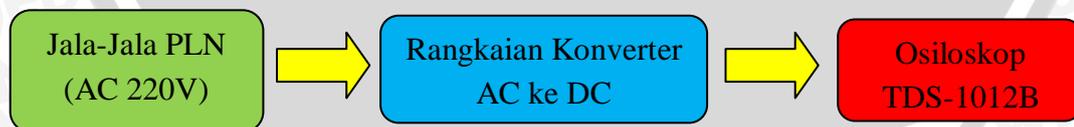
- 1) Pengujian rangkaian catu daya.
- 2) Pengujian *driver* motor DC.
- 3) Pengujian sensor ultrasonik (PING)).
- 4) Pengujian *Liquid Crystal Display* (LCD) 2X16.
- 5) Pengujian *keypad*.
- 6) Pengujian sistem secara keseluruhan.

#### 5.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya

Pengujian rangkaian catu daya bertujuan untuk mengetahui kesesuaian tegangan keluaran dari catu daya. Catu daya yang akan diuji pada sistem ini adalah catu daya sistem kontrol sebesar 5 V dan catu daya motor sebesar 8,48 V.

##### 5.1.1 Pengujian Catu Daya 5 V

Catu daya 5 V diperoleh dari sumber tegangan jala-jala AC 220V dengan frekuensi 50Hz yang disalurkan melalui rangkaian konverter AC ke DC. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan masukan dan keluaran rangkaian konverter AC ke DC dengan osiloskop. Gambar 5.1 menunjukkan diagram blok pengujian rangkaian konverter AC ke DC.



Gambar 5.1 Diagram Blok Pengujian Rangkaian Catu Daya

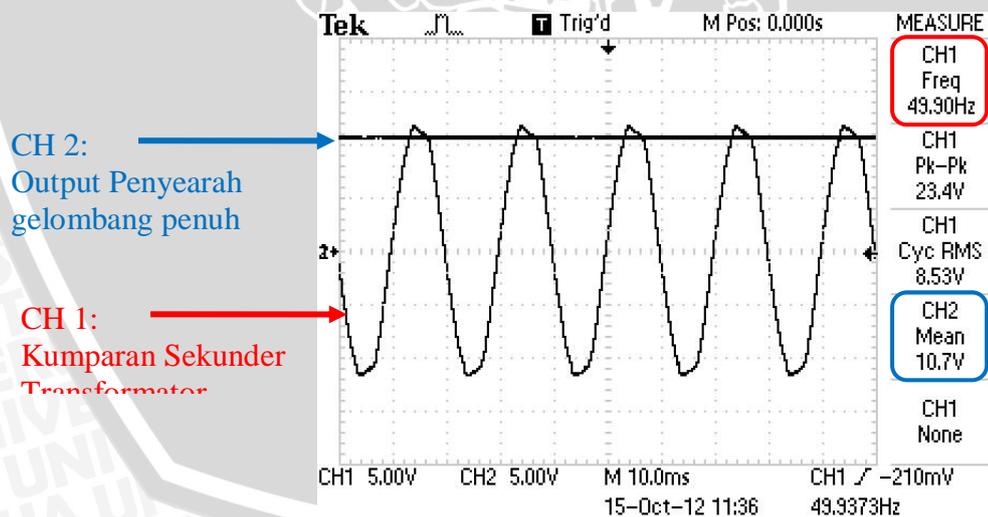
Rangkaian konverter AC ke DC tersusun atas dua bagian yaitu penyearah gelombang penuh dan *fixed output regulator* LM7805. Pengujian rangkaian konverter AC ke DC dilakukan dalam dua tahap sesuai dengan bagian penyusunnya. Pengujian

dilakukan dengan menggunakan osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B. Set pengujian rangkaian konverter AC ke DC ditunjukkan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Set Pengujian Rangkaian Konverter AC ke DC

Pengujian pertama dilakukan untuk mengamati tegangan masukan dan keluaran penyearah gelombang penuh. *Channel 1* osiloskop dihubungkan dengan kumparan sekunder transformator sebagai masukan ke penyearah gelombang penuh, sedangkan *channel 2* osiloskop dihubungkan dengan keluaran penyearah gelombang penuh. Hasil pengujian tegangan masukan dan keluaran pada penyearah gelombang penuh ditunjukkan dalam Gambar 5.3.



Gambar 5.3 Tegangan Masukan dan Keluaran pada Penyearah Gelombang Penuh

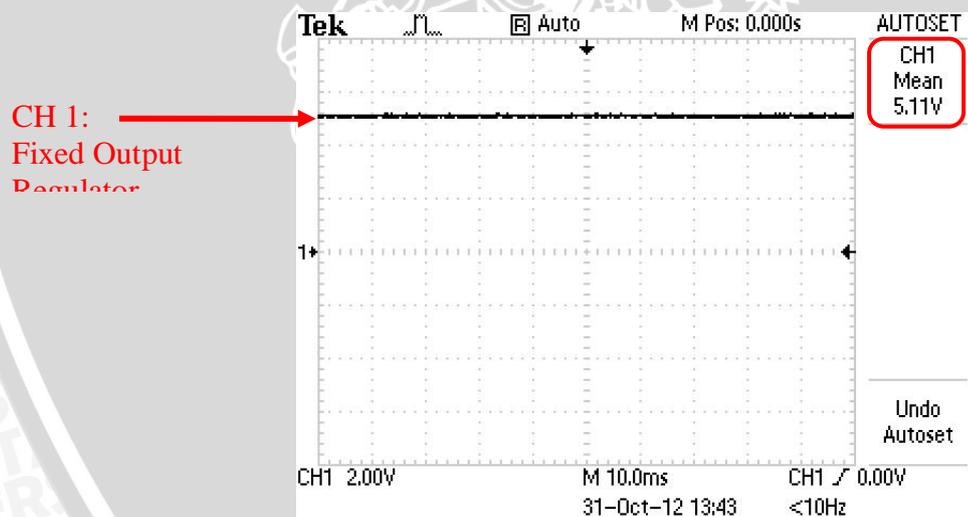
Hasil pengujian pertama menunjukkan bahwa transformator CT *step down* menurunkan tegangan AC 220 V menjadi tegangan AC sebesar 8,53 V (23,4 Vpp) dengan frekuensi 49,90 Hz. Tegangan AC sebesar 8,53 V, ini merupakan nilai efektif

untuk tegangan masukan penyearah gelombang penuh sehingga keluaran penyearah gelombang penuh bernilai tegangan DC 10,7 V.

Tegangan DC sebesar 10,7 V ini menjadi tegangan masukan bagi *fixed output regulator* LM7805. Efek sinusoida 50Hz berhasil diredam oleh filter kapasitor dengan nilai kapasitansi sebesar 3300 $\mu$ F sehingga tegangan *ripple* pada keluaran penyearah gelombang penuh tidak begitu nampak.

Pengujian yang kedua dilakukan terhadap *fixed output regulator* LM7805, pengujian ini ditujukan untuk mengamati tegangan keluaran *fixed output regulator* LM7805 pada rangkaian konverter AC ke DC. Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B. *Channel 1* osiloskop dihubungkan dengan keluaran *fixed output regulator* LM7805.

Hasil yang diharapkan adalah *fixed output regulator* LM7805 mampu memberikan tegangan suplai sebesar 5V ( $V_{CC}$ ) sebagai sumber tegangan utama untuk rangkaian sistem kontrol. Hasil pengujian tegangan keluaran pada *fixed output regulator* LM7805 ditunjukkan dalam Gambar 5.4.



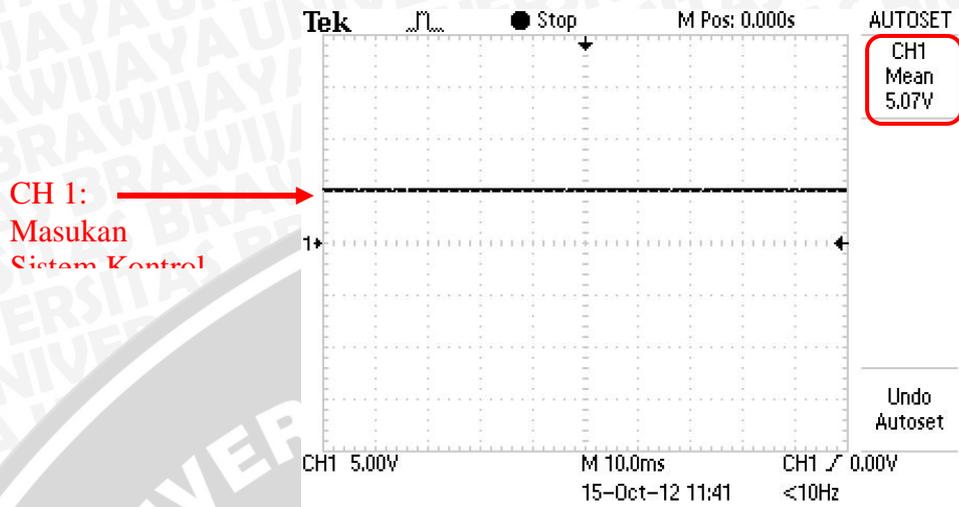
Gambar 5.4 Tegangan Keluaran Pada *Fixed Output Regulator* LM7805

Hasil pengujian kedua menunjukkan bahwa regulator LM7805 berhasil meregulasi tegangan inputnya sebesar DC 10,7 V menjadi tegangan sebesar DC 5,11 V dengan *ripple* yang minimum.

Pengujian yang ketiga dilakukan terhadap tegangan masukan sistem kontrol, pengujian ini ditujukan untuk mengamati tegangan setelah terbebani apakah masih dapat memenuhi kebutuhan dari sistem mikrokontroler dan sensor ultrasonik. Pengujian

repository.ub.ac.id

dilakukan dengan menggunakan osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B. Channel 1 osiloskop dihubungkan dengan masukan sistem kontrol. Hasil pengujian tegangan masukan sistem kontrol ditunjukkan dalam Gambar 5.5

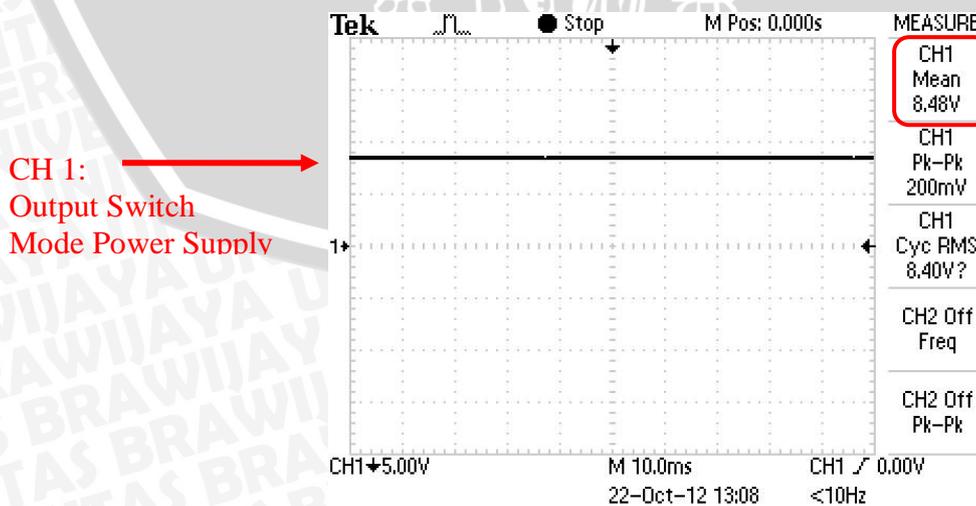


Gambar 5.5 Tegangan Masukan Sistem Kontrol

Hasil pengujian kedua menunjukkan bahwa tegangan masukan sistem kontrol sebesar 5,07 V. Hasil ini dapat memenuhi kebutuhan catu daya dari sistem mikrokontroler dan sensor ultrasonik

### 5.1.2 Pengujian Catu Daya Motor

Catu daya motor diperoleh dari *Switch Mode Power Supply*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B. Channel 1 osiloskop dihubungkan dengan tegangan keluaran *Switch Mode Power Supply*. Hasil pengujian tegangan keluaran dari *Switch Mode Power Supply* ditunjukkan dalam Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Tegangan Keluaran Pada *Switch Mode Power Supply*

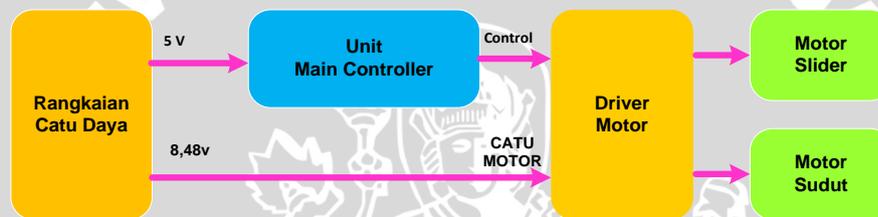
Hasil pengujian diperoleh nilai tegangan keluaran sebesar 8,48 V. Nilai tersebut adalah nilai tegangan tanpa beban, yang berarti rangkaian catu daya motor dapat menghasilkan tegangan maksimal (tanpa beban) sebesar 8,48 V.

## 5.2 Pengujian Driver Motor DC

Pengujian *driver* motor DC terdiri dari empat bagian, yaitu pengujian logika *driver* motor DC, pengujian sinyal control PWM, pengujian motor DC pengukur sudut, dan pengujian arus motor DC.

### 5.2.1 Pengujian Logika Driver Motor DC

Pengujian logika *driver* motor DC bertujuan untuk mengetahui gerak motor DC terhadap logika yang diberikan oleh rangkaian mikrokontroler sebagai unit *main controller*. Diagram blok pengujian logika *driver* motor DC ditunjukkan dalam Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Diagram Blok Pengujian Logika Driver Motor DC

Pada pengujian ini motor DC penggerak *slider* dan motor DC pengukur sudut dikendalikan oleh pin D.4, D.5 untuk mengatur arah putar motor dengan menggunakan tegangan 8,48 volt. Sedangkan pin D.6 digunakan sebagai system *switching* antara motor DC penggerak *slider* dan motor DC pengukur sudut Hasil pengujian *driver* motor DC ditunjukkan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Logika Driver Motor DC

Motor Slider						Motor Sudut					
Pin			Output		Arah	Pin			Output		Arah
D.4	D.5	D.6	M1	M2		D.4	D.5	D.6	M1	M2	
1	0	0	GND	8,48V	CCW	1	0	1	GND	8,48V	CCW
0	1	0	8,48V	GND	CW	0	1	1	8,48V	GND	CW
1	0	0	GND	8,48V	CCW	1	0	1	GND	8,48V	CCW
1	1	0	8,48V	8,48V	Stop	1	1	1	8,48V	8,48V	Stop
0	0	0	GND	GND	Stop	0	0	0	GND	GND	Stop

Keterangan:

1. CW : *clockwise*
2. CCW : *counter clockwise*

Dari hasil pengujian diketahui bahwa dengan memberikan logika 5 volt pada masukan, maka pada keluaran akan menghasilkan logika dengan keluaran 8,48 volt

dengan besar arus yang cukup untuk menggerakkan motor DC sesuai dengan arah putaran motor yang dirancang. Kesimpulan yang dapat diambil adalah rangkaian *driver* motor DC dapat bekerja dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

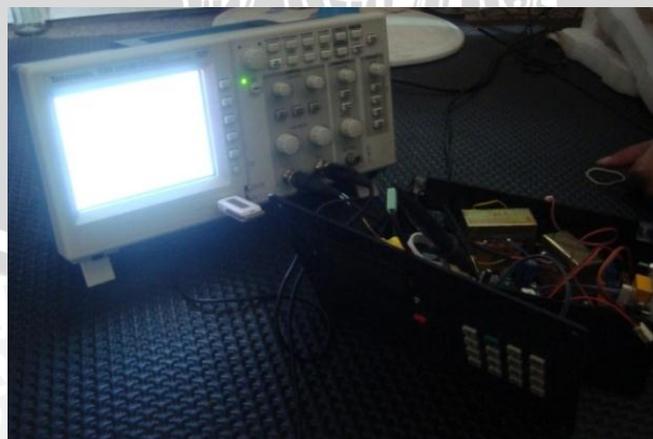
### 5.2.2 Pengujian Sinyal Kontrol PWM

Pengujian sinyal kontrol PWM bertujuan untuk mengetahui ketepatan lebar sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler. Lebar sinyal HIGH pada sinyal kontrol PWM kecepatan putaran motor. Kestabilan dan akurasi dari sinyal HIGH pada sinyal kontrol PWM diperlukan untuk menjaga kestabilan kecepatan putaran motor. Gambar 5.8 menunjukkan diagram blok pengujian sinyal kontrol HIGH.

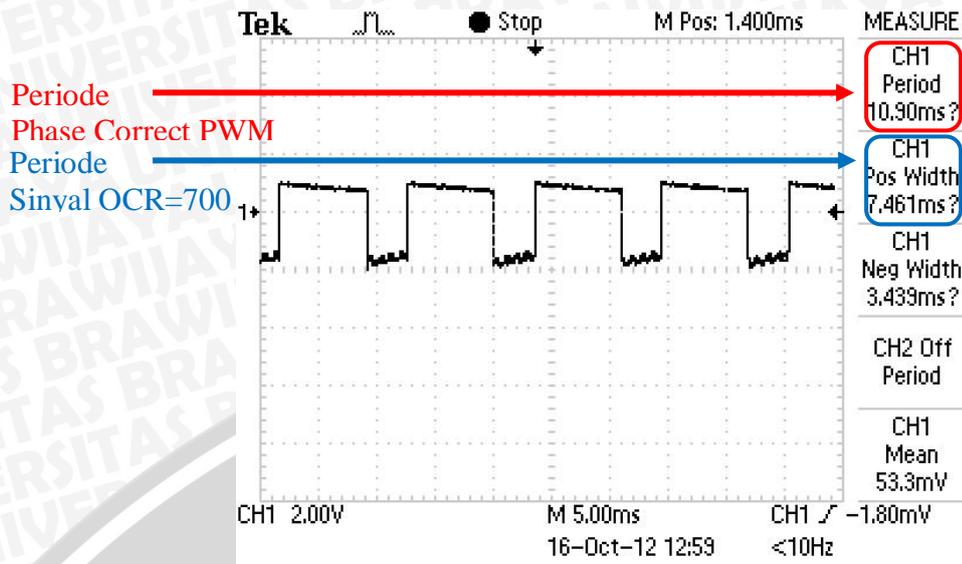


Gambar 5. 8 Diagram Blok Pengujian Sinyal Kontrol Motor DC *Slider*

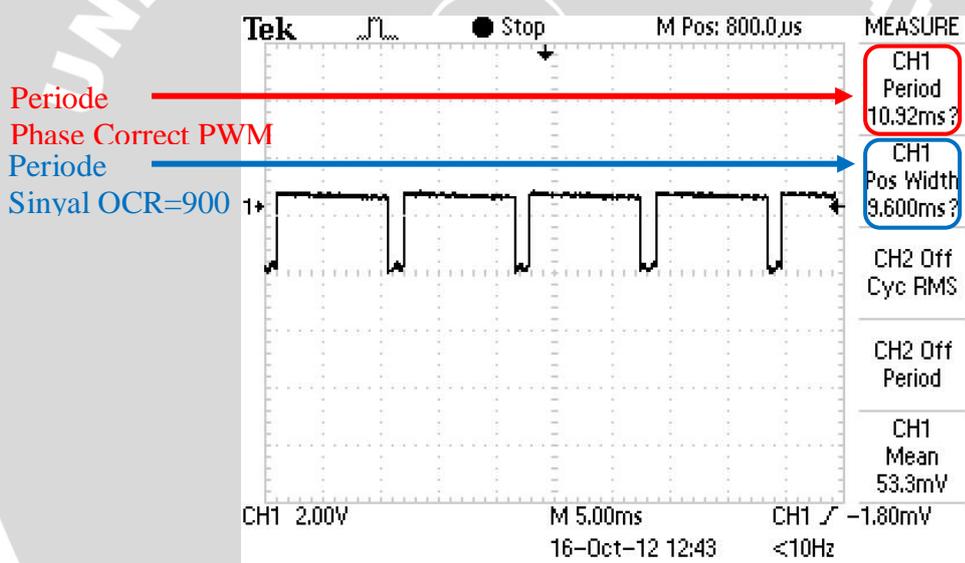
Pengujian sinyal kontrol PWM dilakukan dengan cara menyambungkan salah satu pin OCR1A atau OCR1B *Channel 1* osiloskop TEKTRONIX TDS-1012B digunakan untuk melihat periode sinyal dan lebar sinyal HIGH yang dihasilkan oleh mikrokontroler. Mikrokontroler yang digunakan memiliki sumber clock eksternal sebesar 16 MHz dan TIMER 1 (timer 16 bit) diset pada mode *Phase Correct PWM*,  $TOP=3FF$ . Proses pengujian sinyal kontrol HIGH ditunjukkan dalam Gambar 5.9. Sedangkan hasil pengujian pada osiloskop untuk pengujian lebar sinyal HIGH pada sinyal kontrol PWM pada nilai TOP sebesar 700 dan 900 ditunjukkan dalam Gambar 5.10 dan Gambar 5.11.



Gambar 5.9 Proses Pengujian Sinyal Kontrol Motor DC *Slider*



Gambar 5. 10 Sinyal Kontrol Motor DC Slider Untuk Nilai TOP Sebesar 700

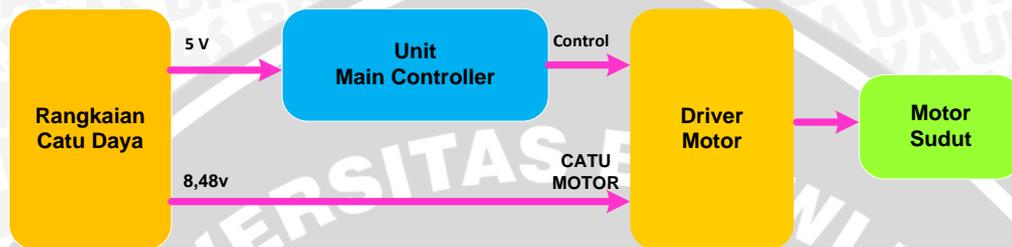


Gambar 5. 11 Sinyal Kontrol Motor DC Slider Untuk Nilai TOP Sebesar 900

Hasil pengujian diperoleh perbandingan antara lebar sinyal yang diinginkan dengan lebar sinyal hasil pengujian. Kesalahan rata-rata lebar sinyal kontrol HIGH yang dihasilkan oleh mikrokontroler ATmega16 dengan clock 12 MHz adalah 0,1861%. Kesalahan terbesar diperoleh saat pengujian lebar sinyal HIGH pada nilai TOP 900, sehingga dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler dapat menghasilkan pulsa periodik dengan baik, dengan catatan lebar sinyal HIGH yang dihasilkan memiliki tingkat kesalahan hingga 0,1861%.

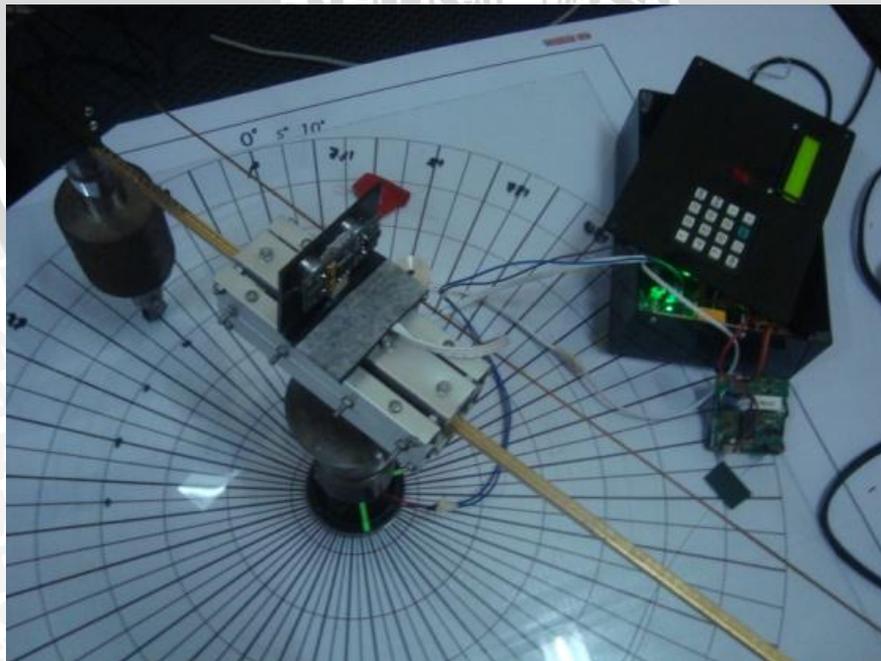
### 5.2.3 Pengujian Motor DC Pengukur Sudut

Pengujian motor DC pengukur sudut bertujuan untuk mengetahui besar lebar pulsa yang dibutuhkan oleh motor DC untuk membentuk sudut tiap derajatnya. Besar lebar pulsa tersebut diberikan melalui program pada rangkaian mikrokontroler sebagai unit *main controller*. Diagram blok pengujian *driver* motor DC pengukur sudut ditunjukkan dalam Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Diagram Blok Pengujian Sudut *Driver* Motor DC

Pengujian motor DC pengukur sudut dilakukan dengan cara memberikan lebar pulsa melalui program mikrokontroler secara berurutan. Kemudian meletakkan jangka penggores kaca diatas sebuah busur yang telah memiliki nilai yang ditetapkan. Besar sudut penggoresan dari setiap nilai lebar pulsa yang diberikan akan dijadikan acuan untuk mengetahui berapa nilai lebar pulsa yang dibutuhkan setiap derajatnya. Proses pengujian motor DC pengukur sudut ditunjukkan dalam Gambar 5.13. Hasil pengujian lebar pulsa motor DC sudut ditunjukkan dalam Tabel 5.2.



Gambar 5.13 Proses Pengujian Motor DC Pengukur Sudut

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Lebar Pulsa Motor DC Sudut

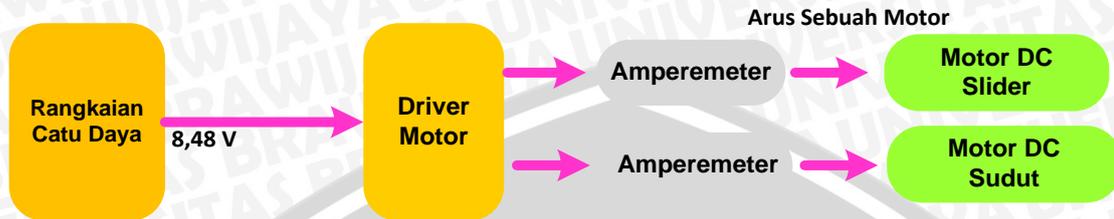
No.	Lebar Pulsa (ms)	Besar Sudut Pengujian 1 (derajat)	Besar Sudut Pengujian 2 (derajat)	Besar Lebar Pulsa Per Derajat Pengujian 1 (ms)	Besar Lebar Pulsa Per Derajat Pengujian 2 (ms)
1	300	5	6	60,00	50,00
2	600	15	12	40,00	50,00
3	900	31	27	29,03	33,33
4	1200	43	41	27,91	29,27
5	1500	51	49	29,41	30,61
6	1800	59	63	30,51	28,57
7	2100	68	71	30,88	29,58
8	2400	75	81	32,00	29,63
9	2700	94	90	28,72	30,00
10	3000	101	99	29,70	30,30
11	3300	112	110	29,46	30,00
12	3600	124	124	29,03	29,03
13	3900	131	129	29,77	30,23
14	4200	142	138	29,58	30,43
15	4500	149	151	30,20	29,80
16	4800	155	159	30,97	30,19
17	5100	165	169	30,91	30,18
18	5400	179	182	30,17	30,34
Rata-rata Lebar Pulsa Per Derajat (ms)				32,13	32,31

Dari data yang telah didapatkan, pada pengujian pertama diperoleh rata-rata lebar pulsa per derajat sebesar 32,13 ms sedangkan pada pengujian kedua diperoleh rata-rata lebar pulsa per derajat sebesar 32,31 ms. Sehingga nilai lebar pulsa yang dibutuhkan setiap derajatnya sekitar 32 ms. Nilai ini akan dijadikan acuan pada program pengukuran sudut.

#### 5.2.4 Pengujian Arus Motor DC

Pengujian arus motor DC bertujuan untuk mengetahui besarnya arus yang dibutuhkan untuk dapat menggerakkan dua buah motor DC. Selain itu juga bertujuan

untuk membuktikan bahwa rangkaian *Switch Mode Power Supply* (SMPS) dapat berfungsi dengan baik untuk menunjang penggunaan motor DC sebagai penggerak *slider* maupun sebagai pengukur sudut. Diagram blok pengujian arus motor DC ditunjukkan dalam Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Diagram Blok Pengujian Arus Motor DC

Pengujian yang pertama dilakukan pada satu buah motor DC. Motor DC digerakkan secara terus menerus dalam kondisi berbeban dan diukur arus maksimumnya. Pengukuran dilakukan menggunakan amperemeter tipe HC-3500T. Hasil pengukuran arus yang dibutuhkan pada sebuah motor DC penggerak *slider* dan motor DC pengukur sudut ditunjukkan dalam Gambar 5.15 dan Gambar 5.16.



Gambar 5.15 Hasil Pengukuran Arus pada Motor DC Penggerak *Slider*



Gambar 5.16 Hasil Pengukuran Arus pada Motor DC Pengukur Sudut

Hasil pengujian diketahui bahwa arus yang dibutuhkan motor DC penggerak *slider* untuk bergerak adalah 186,6 mA. Sedangkan arus yang dibutuhkan motor DC pengukur sudut untuk bergerak adalah 0,35 A. Hasil pengukuran ini memiliki selisih 0,05 A dari hasil perhitungan pada perancangan yang besarnya 0,4 A. Kesimpulan yang

repository.ub.ac.id

dapat diambil adalah rangkaian *driver* motor DC dapat menyuplai kebutuhan arus motor DC penggerak *slider* ataupun pengukur sudut.

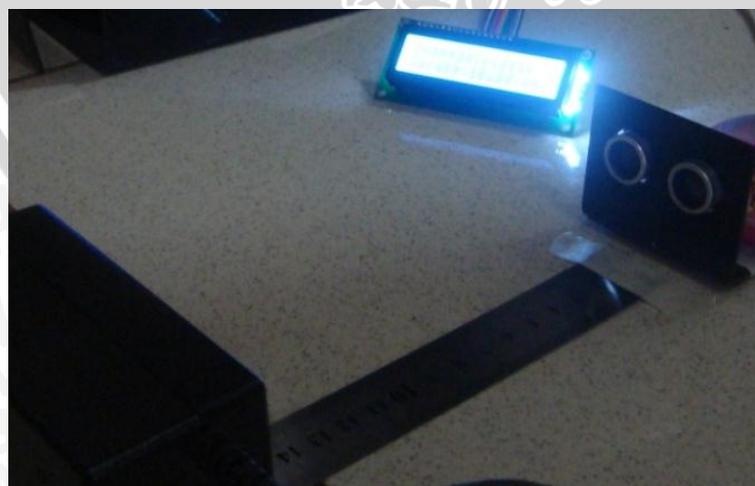
### 5.3 Pengujian Sensor Ultrasonik PING)))

Pengujian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kesesuaian rangkaian sensor PING))) dalam mengatur jarak jari-jari dalam sistem jangka penggores kaca ini. Sensor ultrasonik yang digunakan dalam perancangan menggunakan sensor ultrasonik PING))) buatan Parallax yang telah dikalibrasi terlebih dahulu pada program mikrokontroler dan data keluaran ditampilkan pada LCD. Blok diagram pengujian sensor PING))) ditunjukkan dalam Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Blok Diagram Pengujian Sensor PING)))

Tingkat ketelitian pembacaan sensor PING))) terhadap jarak halangan yang sebenarnya dilakukan dengan cara menguji jarak halangan terhadap sensor dan membandingkan jarak sesungguhnya dengan hasil pengukuran oleh sensor. Cara pengujian adalah dengan meletakkan papan *reflektor* yang memiliki dimensi panjang, lebar, dan tinggi sebesar 10 cm x 6,5 cm x 8 cm. Benda ini terbuat dari plastik berwarna hitam yang diletakkan tegak lurus di depan sensor pada beberapa titik yang telah ditentukan seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5.18. Hasil pembacaan sensor ditunjukkan dalam Tabel 5.3.



Gambar 5.18. Set Pengujian Jarak Jangkauan Sensor Ultrasonik PING)))

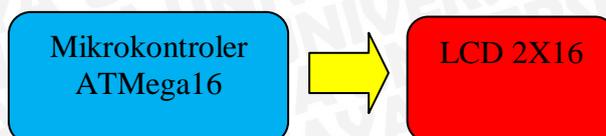
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Jarak Pancaran Sensor Ultrasonik (PING))

No.	Jarak Sebenarnya (mm)	Jarak hasil pengujian (mm)
1	40	42,1
2	60	61,6
3	80	80,3
4	100	99,9
5	120	123,7
6	140	139,2
7	160	159,4
8	180	182,8
9	200	202,3
10	220	220,3
11	240	241,9
12	260	261,8
13	280	278,1
14	300	300,9

Dari data yang telah didapatkan, pengukuran pada jarak 120 mm diperoleh hasil pembacaan sensor adalah 123,7 mm. Sedangkan pada jarak 100 mm adalah 99,9 mm. Selisih nilai yang terjadi sekitar  $\pm 0,1$  sampai dengan 3,7 mm dengan toleransi kesalahan 0,51 %. Nilai ini masih dibawah nilai spesifikasi sebesar 6 mm.

#### 5.4 Pengujian *Liquid Crystal Display (LCD) 2X16*

Pengujian modul LCD bertujuan untuk mengetahui kemampuan LCD yang berfungsi menampilkan tulisan sesuai dengan perangkat lunak yang terdapat dalam mikrokontroler. Pengujian modul LCD 16x2 dilakukan dengan menghubungkan LCD dengan mikrokontroler yang sudah berisi perangkat lunak untuk menampilkan tulisan tertentu. Diagram blok pengujian modul LCD ini ditunjukkan dalam Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Diagram Blok Pengujian Modul LCD



repository.ub.ac.id

Dalam pengujian ini, LCD dapat menampilkan tulisan “MASUKKAN DATA” pada baris pertama dan “r = 0 mm” pada baris kedua. Tampilan hasil pengujian modul LCD ditunjukkan dalam gambar 5.20. Dari hasil pengujian dapat dianalisis bahwa modul LCD dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja sesuai yang diharapkan.



Gambar 5.20 Tampilan Hasil Pengujian Modul LCD

### 5.5 Pengujian Keypad

Pengujian ini bertujuan untuk menganalisis apakah *keypad* dan perangkat lunak dalam mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan perancangan. Diagram blok pengujian modul LCD ini ditunjukkan dalam Gambar 5.21.

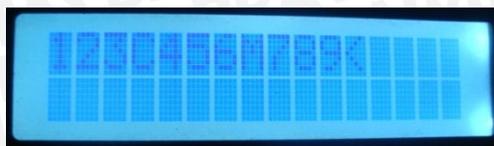


Gambar 5.21 Diagram Blok Pengujian Modul Keypad

Pengujian ini dilakukan dengan cara menekan tombol pada *keypad* yaitu “1”, “2”, “3”, “4”, “5”, “6”, “7”, “8”, “9”, “0”, “C”, “E”, “c”, “M”, “<”, “>”. Pengujian Rangkaian Modul Keypad ditunjukkan dalam Gambar 5.22 dan hasil pengujian rangkaian keypad ditunjukkan dalam Gambar 5.23. Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD dapat menampilkan karakter sesuai dengan tombol pada keypad yang ditekan, sehingga dapat disimpulkan bahwa rangkaian keypad dan perangkat lunak yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan perancangan.



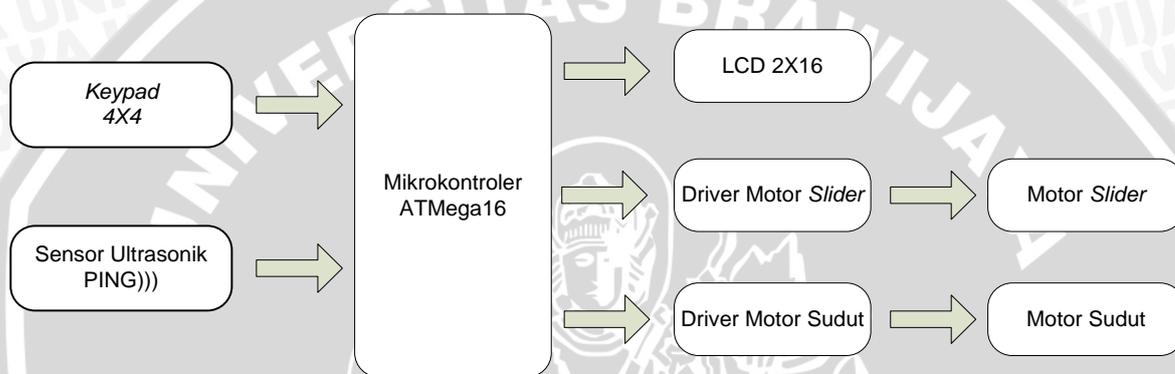
Gambar 5.22 Pengujian Rangkaian Modul Keypad



Gambar 5.23 Tampilan Hasil Pengujian Keypad

### 5.6 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian ini dilakukan dengan cara menggabungkan semua bagian alat yang dibuat dan melihat kinerja alat. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat dan memberikan analisis terhadap kinerja alat. Diagram blok pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Diagram Blok Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Pengujian dilakukan dalam dua tahap. Tahap yang pertama adalah pengujian *slider* otomatis. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan masukan melalui *keypad*. Masukan tersebut akan dibandingkan dengan besar jari-jari yang dibuat. Dalam sistem ini mikrokontroler berfungsi mengendalikan gerak motor DC melalui mode PWM yang dipasangkan pada *slider* otomatis. Motor itu akan bergerak maju sampai nilai keluaran dari sensor ultrasonik menyamai nilai masukan yang diberikan. Proses pemberian masukan *slider* otomatis dan pengujian *slider* otomatis ditunjukkan dalam Gambar 5.25 dan Gambar 5.26. Hasil perbandingan antara keluaran sensor ultrasonik dengan masukan dari *keypad* ditunjukkan dalam Tabel 5.4.



Gambar 5.25 Proses Pemberian Masukan *Slider* Otomatis





Gambar 5.26 Pengujian *Slider* Otomatis

Tabel 5.4 Perbandingan Antara Keluaran Sensor Ultrasonik Dengan Masukan Dari *Keypad*

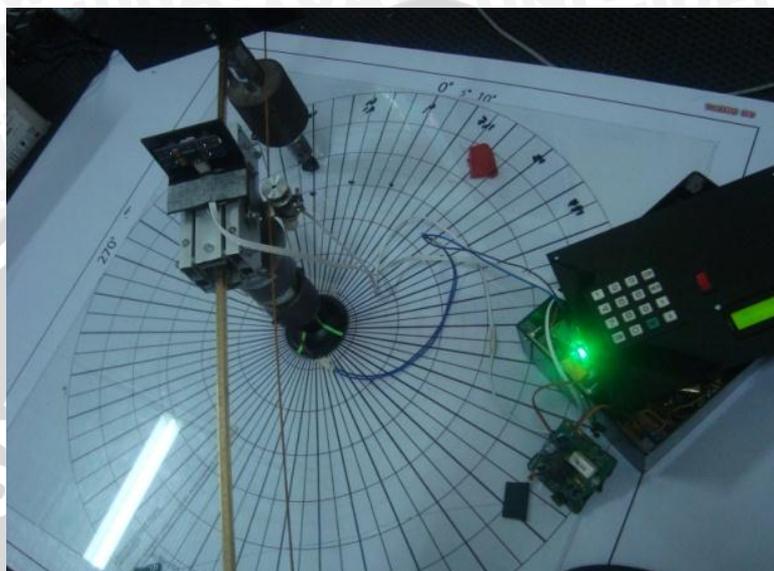
No.	Masukan Yang Diberikan (mm)	Hasil Pengujian (mm)							Rata-Rata Selisih Pengukuran (mm)
		1	2	3	4	5	6	7	
1.	100	104,7	101,7	100,5	100,5	100,2	100,2	100,5	1,19
2.	120	123,6	120,2	120,5	120,5	120,0	120,2	120,6	0,80
3.	140	141,5	142,0	138,8	138,8	140,4	139,2	139,2	1,13
4.	160	163,9	161,9	161,7	161,7	161,7	160,8	160,8	1,79
5.	180	181,3	180,5	181,4	180,2	180,2	180,6	180,2	0,63
6.	200	197,7	200,9	200,2	198,1	199,3	200,4	200,2	0,94
7.	220	223,5	219,4	220,1	221,9	218,9	220,1	219,4	1,13
8.	240	244,1	241,7	238,2	239,1	239,1	240,2	242,5	1,73
9.	260	264,8	263,2	261,7	259,6	262,8	259,6	262,4	2,24
10.	280	281,7	280,9	279,2	280,2	281,7	280,2	281,2	0,96
<b>Nilai Ketepatan</b>									1,25

Hasil pengujian didapatkan nilai ketepatan sebesar 1,25 mm. Nilai prosentase kesalahan yang didapatkan sebesar 0,47%.

Tahap yang kedua adalah pengujian motor DC pengukur sudut. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan masukan melalui *keypad*. Masukan tersebut akan dibandingkan dengan besar sudut yang dibuat. Dalam sistem ini mikrokontroler berfungsi mengendalikan gerak motor DC. Motor itu akan bergerak berlawanan arah jarum jam sampai membentuk sudut sesuai dengan masukan yang diberikan. Proses pemberian masukan motor pengukur sudut dan pengujian motor pengukur sudut ditunjukkan dalam Gambar 5.27 dan Gambar 5.28. Hasil perbandingan antara besarsudut yang dibentuk dengan masukan dari *keypad* ditunjukkan dalam Tabel 5.5.



Gambar 5.27 Proses Pemberian Masukan Motor Pengukur Sudut



Gambar 5.28 Pengujian Motor Pengukur Sudut

Tabel 5.5 Perbandingan Antara Besar Sudut Yang Dibentuk Dengan Masukan Dari Keypad

No.	Masukan Yang Diberikan (Derajat)	Hasil Pengujian (Derajat)	Selisih Hasil Pengukuran (Derajat)
1	15	18	3
2	30	33	3
3	45	40	5
4	60	55	5
5	75	70	5
6	90	92	2
7	105	104	1
8	120	115	5
9	135	130	5
10	150	153	3
11	165	163	2
12	180	179	1

Hasil pengujian didapatkan besar pengukuran pada sudut 105 derajat diperoleh hasil pengujian sebesar 104 derajat. Sedangkan pada sudut 45 derajat diperoleh hasil pengujian sebesar 40 derajat. Nilai selisih yang terjadi sekitar  $\pm 1$  sampai dengan 5 derajat. Nilai prosentase kesalahan yang didapatkan sebesar 1,85%.

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil pengujian adalah semua sistem dapat berjalan dengan baik. Sensor ultrasonik dapat mendeteksi jarak dengan baik sehingga *slider* dapat bergerak sesuai dengan jarak yang diberikan dengan prosentase kesalahan sebesar 0,47%. Motor pengukur sudut dapat membentuk sudut sesuai dengan masukan dengan prosentase kesalahan sebesar 1,85%. Hal ini sesuai dengan sistem yang diprogramkan pada Mikrokontroler ATmega16.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian tiap bagian dan keseluruhan sistem yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Perancangan catu daya sistem kontrol dan motor berfungsi sesuai spesifikasi yang ditentukan. Kesalahan pada catu daya sistem kontrol adalah 2,2%, dan catu daya motor yang mampu menjalankan *driver* sesuai kebutuhan.
- 2) Sistem elektronika yang telah dirancang dapat berfungsi sesuai yang dibutuhkan sistem dan menunjang sistem *driver* motor DC penggerak *slider* dan motor DC pengukur sudut sesuai spesifikasi yang ditentukan.
- 3) Rangkaian antarmuka mikrokontroler dengan sensor ultrasonik (PING))) berfungsi sesuai spesifikasi yang ditentukan dengan nilai prosentase kesalahan sebesar 0,51%. Mikrokontroler dapat menerima sinyal dari ultrasonik (PING))) dan dapat meneruskan sinyalnya pada *driver* motor *slider* untuk menyesuaikan dengan jarak masukan yang diberikan melalui modul *keypad*. Selain itu mikrokontroler dapat memberikan nilai lebar pulsa pada driver motor untuk membentuk sudut penggosresan yang dikehendaki dan dapat menampilkan hasil penggosresan kaca pada LCD.
- 4) Secara keseluruhan sistem dapat menggosres kaca dengan sesuai spesifikasi yang ditentukan. Nilai prosentase kesalahan pembentukan jari-jari lingkaran kaca sebesar 0,47% dan kesalahan pembentukan sudut penggosresan kaca sebesar 1,85%.

#### 6.2 Saran

Beberapa hal yang disarankan untuk pengembangan sistem jangka penggosres kaca di atas antara lain :

- 1) Pada bagian *slider* perlu atau dapat dibuat menggunakan bahan metal yang tebal untuk menstabilkan gerakan dari mata pisau penggosres kaca sehingga meminimalisir terjadinya kesalahan dalam proses penggosresan kaca.
- 2) Penggunaan sensor jarak dengan ketelitian yang tinggi dapat meminimalisir terjadinya kesalahan pada pengukuran panjang jari-jari.

- 3) Sistem dapat dikembangkan dengan memberikan motor servo dengan torsi yang besar atau potensio linier pada mekanik motor pengukur sudut untuk meminimalisir terjadinya kesalahan pada sudut penggoresan kaca.



## DAFTAR PUSTAKA

- Andi Nalwan, Paulus. 2004. *Penggunaan dan Antarmuka Modul LCD M1632*. Jakarta: PT Elek Media Komputindo Kelompok Gramedia
- Damar. 2011. *Pengetahuan Umum Tentang Kaca*. <http://damzone89.wordpress.com/2011/06/17/pengetahuan-umum-tentang-kaca>. Diakses pada tanggal 9 Maret 2012
- Hanapi, Gunawan (penerjemah) Malvino A. P. 1996 *Prinsip-Prinsip Elektronika, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Heryanto, Wisnu. 2010. *Pemrograman Bahasa C untuk Mikrokontroler ATmega 8535*. Yogyakarta: Andi.
- Orbit. 2010. *Mengapa Intan Sangat Kuat*. <http://www.orbit-digital.com/kimia/mengapa-intan-sangat-kuat>. Diakses pada tanggal 6 Maret 2012
- Parallax. 2008. *PING))) Ultrasonic Distance Sensor*. California: Parallax.
- Pitowarno, Endra. 2006. *Robotika: Desain, Kontrol dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Soloman, Sabrie. 2010. *Sensors and Control Systems in Manufacturing*. United States: McGraw-Hill Companies.
- Sudjadi. 2005. *Teori dan Aplikasi Microcontroller*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Sutrisno. 1987. *Elektronika, Teori dan Penerapannya*. Bandung: ITB.
- Winoto, Ardi. 2008. *Mikrokontroler AVR ATmega 8/32/16/8535 dan Pemrograman dengan Bahasa C pada WinAVR*. Bandung: Informatika

LAMPIRAN

