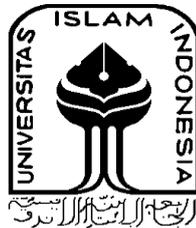


**Rancang Bangun Sistem Otomasi Alat Resusitasi Jantung  
Otomatis**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat  
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Muhammad Rizky Sunation**

**No. Mahasiswa : 19525097**

**NIRM : 1907240196**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2024**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : **Muhammad Rizky Sunation**  
Tempat, tanggal lahir : **Palembang, 20 Maret 2001**  
NIM : **19525097**  
Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa SKRIPSI yang berjudul :

### **Rancang Bangun Sistem Otomasi Alat Resusitasi Jantung Otomatis**

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan penelitian ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan penelitian ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenar benarnya dan tidak dipaksakan.

Yogyakarta, 02/06/2024

Penyusun



**Muhammad Rizky Sunation**

**19525097**

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

### Rancang Bangun Sistem Otomasi Alat Resusitasi Jantung Otomatis

#### TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Rizky Sunation  
No. Mahasiswa : 19525097  
NIRM : 1907240196

Yogyakarta, 13 Desember 2023

Pembimbing I,

  
Ir. Donny Suryawan, ST., M.Eng., IPP

Pembimbing II,

  
Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

## LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

### Rancang Bangun Sistem Otomasi Alat Resusitasi Jantung Paru

#### TUGAS AKHIR

##### Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Rizky Sunation  
No. Mahasiswa : 19525097  
NIRM : 1907240196

##### Tim Penguji

Ir. Donny Suryawan, ST., M.Eng., IPP  
Ketua



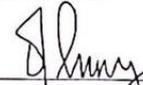
Tanggal : 5 Februari 2024

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.  
Anggota I



Tanggal : 31 Januari 2024

Finny Pratama Putera, S.T., M.Eng.  
Anggota II



Tanggal : 30 Januari 2024

Signature of Finny Pratama Putera



Mengetahui

Dekan Jurusan Teknik Mesin

Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada orang tua saya, Ayah dan Ibu yang sudah memberikan dukungan dan mendoakan segala yang baik. Berkat doa-doa yang kalian panjatkan, saya bisa mengerjakan dan menyelesaikan tugas akhir ini sampai selesai. Berkat didikan dan dukungan kalian selama ini, saya menjadi pribadi yang tangguh dan disiplin. Berkat kalian juga, saya bisa menyelesaikan studi sarjana dengan lancar.

Tugas akhir ini juga saya persembahkan kepada semua tenaga didik terutama dosen pembimbing saya yang dengan segala kesabaran mendidik dan memberikan masukan-masukan yang membangun sehingga saya mendapatkan banyak ilmu-ilmu yang berharga dan membentuk saya menjadi pribadi yang lebih baik.

## HALAMAN MOTTO

*"Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah  
kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha"*

(B.J. Habibie)

*"Soal kalah menang jangan Anda bilang sekarang, kita berjuang dulu."*

(Najwa Shihab)

*"Bermimpilah yang tinggi, tapi jangan berusaha menggapai mimpi tersebut,  
melainkan berusahalah melampauinya"*

(Anies Baswedan)

## **KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH**

Alhamdulillahirabbil‘alamin segala puji-pujian dan ucapan syukur dipanjatkan kepada Allah Swt. Karena berkat restu, rahmat, dan hidayahnya, penulis dapat mengerjakan tugas akhir yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Otomasi Alat Resusitasi Jantung Otomatis” hingga selesai. Shalawat serta salam juga tercurah untuk baginda Rasulullah SAW. Berkat beliau yang telah membuka jalan untuk seluruh umat muslim memiliki kesempatan untuk menggali ilmu dengan penuh semangat dan akhlak yang baik.

Tugas akhir ini diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S1 Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini, tapi berkat dukungan dan doa berbagai pihak, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi terhadap pengerjaan tugas akhir ini

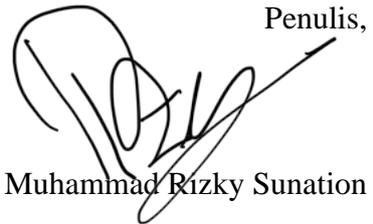
1. Kedua Orang Tua Saya tercinta Bapak Sunation dan Ibu Yuliana, orang tua yang hebat yang selalu menjadi penyemangat saya sebagai sandaran terkuat dari kerasnya dunia. Yang tak henti-hentinya mendo’akan, mencurahkan kasih sayang, perhatian, motivasi, nasihat, serta dukungan baik secara moral maupun finansial.
2. Adik dan saudara saya Muhammad Ridho Sunation, Muhammad Rieza Sunation dan Muhammad Riziq Sunation, terimakasih banyak sudah hadir menjadi adik dan saudara yang baik.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP, selaku ketua prodi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan ilmu, arahan, dan saran kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir.
5. Semua dosen dan laboran Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah banyak memberikan ilmu selama perkuliahan yang sangat bermanfaat untuk mendukung pengerjaan tugas akhir ini.

6. Rafif Dzaky Saputra teman satu tim Tugas Akhir yang sudah bekerja sama dengan baik.
7. Kepada pemilik Nim 21312196, sebagai partner special saya, terimakasih telah menjadi sosok pendamping dalam segala hal, yang menemani meluangkan waktunya, mendukung ataupun menghibur dalam kesedihan dan memberi semangat untuk terus maju dan maju tanpa kenal kata menyerah dalam segala hal untuk meraih apa yang menjadi impian saya.

Penulis menyadari, bahwasanya Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna baik dari penyusunan, bahasa, maupun penulisan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik serta saran dari pembaca yang bersifat membangun guna menjadi acuan agar penulis bisa lebih baik lagi di masa mendatang. Terakhir, semoga Laporan Tugas Akhir ini bisa menambah wawasan pembaca serta bermanfaat dalam perkembangan pada ilmu pengetahuan.

Yogyakarta, 11 Desember 2023

Penulis,



Muhammad Rizky Sunation

## **ABSTRAK**

Resusitasi jantung paru (RJP) merupakan pertolongan pertama untuk mengembalikan kemampuan napas dan sirkulasi darah yang terhenti karena kondisi atau situasi tertentu. Tindakan ini perlu dilakukan secara cepat dan tepat sebagai langkah awal menyelamatkan nyawa seseorang. RJP yang diberikan secara manual akan tetapi dapat membahayakan korban dikarenakan faktor-faktor tertentu seperti kurang atau lebihnya tekanan yang diberikan. Oleh karena itu, penelitian tugas akhir ini akan menguji dan merancang alat resusitasi jantung otomatis menggunakan *motor dc* dan sistem kendali dengan mikrokontroler *Arduino*. Hasil dari pengujian motor penggerak bertujuan untuk menentukan apakah layak dan tidaknya untuk diimplementasikan dalam alat resusitasi jantung otomatis. Selanjutnya pada perancangan sistem kendali akan menghubungkan aktuator beserta komponen elektrik lainnya untuk menghasilkan gerakan berupa 30 kompresi, 15 kompresi dan 2 menit kompresi.

**Kata kunci/keywords: RJP, Sistem Kendali, Motor DC, ARDUINO**

## **ABSTRACT**

Cardiopulmonary resuscitation (CPR) is the first aid to restore the ability of breathing and blood circulation that has stopped due to certain conditions or situations. This action needs to be done quickly and precisely as an initial step to save someone's life. CPR is given manually but can endanger the victim due to certain factors such as less or more pressure applied. Therefore, this final project research will test and design an automatic cardiac resuscitation device using a DC motor and a control system with an Arduino microcontroller. The results of the motor drive test aim to determine whether or not it is feasible to be implemented in an automatic heart resuscitation device. Furthermore, the control system design will connect the actuator and other electrical components to produce movements in the form of 30 compressions, 15 compressions and 2 minutes of compression.

**Keywords: CPR, Control System, DC Motor, ARDUINO**

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iii
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
Abstrak .....	ix
Abstract.....	x
Daftar Tabel.....	xiv
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Notasi.....	xvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
<b>Bab 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Kajian Pustaka .....	6
2.2 Dasar Teori .....	14
2.2.1 RJP.....	14
2.2.2 Sistem kendali .....	14
2.2.3 Momen gaya .....	15
2.2.4 PWM ( <i>Pulse Width Modulation</i> ).....	15
2.2.5 Komunikasi serial.....	16
2.2.6 Mekanisme <i>scotch and yoke</i> .....	16
<b>Bab 3 METODE PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Alur Penelitian.....	18
3.2 Kriteria Desain.....	19
3.3 Identifikasi Kebutuhan Aktuator Sistem Kendali.....	20
3.4 Alternatif Motor Penggerak.....	20

3.5	Perhitungan Kebutuhan Torsi Motor Penggerak.....	23
3.6	Pemilihan Alternatif Motor Penggerak.....	24
3.7	Modifikasi Motor.....	24
3.8	Alternatif Mikrokontroler dan Penentuan Alternatif.....	25
3.9	Peralatan dan Bahan .....	26
3.9.1	Peralatan .....	26
3.9.2	Bahan .....	29
3.10	Perancangan Sistem Kendali .....	31
3.10.1	Perancangan perangkat keras.....	31
3.10.2	Perancangan perangkat lunak .....	34
3.11	Metode Pengujian .....	37
3.11.1	Pengujian <i>pause button</i> .....	37
3.11.2	Pengujian daya tekan kompresi .....	37
3.11.3	Pengujian durasi kompresi .....	37
3.11.4	Pengujian respon pengguna .....	38
Bab 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1	Hasil Perancangan .....	39
4.1.1	Perancangan perangkat keras.....	39
4.1.2	Hasil pembuatan antarmuka pada <i>LCD TFT Shield</i> .....	41
4.2	Hasil Pengujian.....	42
4.2.1	Pengujian <i>pause button</i> .....	43
4.2.2	Pengujian daya tekan kompresi .....	43
4.2.3	Pengujian durasi waktu kompresi.....	44
4.2.4	Pengujian respon pengguna .....	46
4.3	Analisis dan Pembahasan .....	47
4.3.1	<i>Position command</i> motor PG45.....	47
4.4	Pemenuhan Kriteria Desain .....	49
Bab 5	PENUTUP.....	50
5.1	Kesimpulan.....	50
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	51
	DAFTAR PUSTAKA.....	52
	LAMPIRAN 1 .....	55

LAMPIRAN 2 .....	58
LAMPIRAN 3 .....	61

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka .....	12
Tabel 3. 1 Kriteria Desain.....	19
Tabel 3. 2 Perbandingan Jenis Motor Listrik .....	22
Tabel 3. 3 Tabel Perbandingan Mikrokontroler .....	25
Tabel 3. 4 Alat dan Bahan .....	30
Tabel 4. 1 Fungsi detail.....	42
Tabel 4. 2 Pengujian Pause Button.....	43
Tabel 4. 3 Data Pengujian Daya Tekan Kompresi .....	43
Tabel 4. 4 Data Pengujian Durasi 30 Kali Kompresi .....	44
Tabel 4. 5 Data Pengujian Durasi 15 Kali Kompresi .....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Gear Ratio</i> Motor .....	6
Gambar 2. 2 Alur Komponen Elektrik .....	7
Gambar 2. 3 Mekanisme Crank and Slotted .....	7
Gambar 2. 4 Bentuk Akhir Prototype RJP .....	7
Gambar 2. 5 Mekanisme crank and slotted .....	8
Gambar 2. 6 Desain Final .....	8
Gambar 2. 7 Rangkain Komponen .....	9
Gambar 2. 8 Hasil Perancangan <i>Prototype</i> .....	9
Gambar 2. 9 Hasil Perancangan .....	10
Gambar 2. 10 <i>Interface</i> LCD .....	10
Gambar 2. 11 Hasil Perancangan .....	10
Gambar 2. 12 Skema Koneksi .....	11
Gambar 2. 13 Blok Diagram Sistem <i>Open Loop</i> .....	14
Gambar 2. 14 Blok Diagram Sistem <i>Closed Loop</i> .....	15
Gambar 2. 15 Sinyal PWM .....	16
Gambar 2. 16 Mekanisme <i>Scotch and Yoke</i> .....	17
Gambar 3. 1 Alur Perancangan.....	18
Gambar 3. 2 Ilustrasi Diagram Skematik <i>Wiring Motor Servo</i> .....	21
Gambar 3. 3 Ilustrasi Diagram Skematik <i>Wiring Motor Stepper</i> .....	21
Gambar 3. 4 Ilustrasi Diagram Skematik <i>Wiring Motor DC</i> .....	22
Gambar 3. 5 Diagram gaya bebas <i>Scotch yoke</i> .....	24
Gambar 3. 6 Arduino IDE .....	26
Gambar 3. 7 Arduino MEGA .....	27
Gambar 3. 8 LCD TFT Shield.....	27
Gambar 3. 9 Driver BTS7960 .....	28
Gambar 3. 10 Baterai Lithium Ion .....	28
Gambar 3. 11 Indikator Baterai .....	29
Gambar 3. 12 Push Button.....	29
Gambar 3. 13 Saklar 3 Kaki .....	29
Gambar 3. 14 Motor DC PG45.....	30

Gambar 3. 15 Rangkaian Komponen Elektrik .....	32
Gambar 3. 16 Diagram skematik <i>wiring</i> alat resusitasi jantung otomatis .....	32
Gambar 3. 17 Desain alat resusitasi jantung otomatis.....	33
Gambar 3. 18 Peletakan motor penggerak yang terhubung mekanisme .....	33
Gambar 3. 19 Alur keterhubungan perangkat lunak dengan pusat sistem kendali .....	34
Gambar 3. 20 Alur Program Mikrokontroler .....	35
Gambar 3. 21 Skema rancangan alur kerja.....	36
<i>Gambar 3. 22 Sketsa tampilan LCD TFT.....</i>	<i>37</i>
Gambar 4. 1 <i>Full assembly</i> alat resusitasi jantung otomatis.....	39
Gambar 4. 2 Motor PG45 Terhubung antara gear dengan mekanisme <i>Scotch Yoke</i> .....	40
Gambar 4. 3 Letak Motor PG45 yang terhubung antara gear dan mekanisme ....	40
Gambar 4. 4 Rangkaian sistem kendali resusitasi jantung otomatis .....	41
Gambar 4. 5 <i>Housing</i> LCD TFT.....	41
Gambar 4. 6 Halaman Menu.....	42
Gambar 4. 7 Grafik Respon Pengguna .....	46
Gambar 4. 8 Gear Penghubung Motor dan Mekanisme .....	48

## DAFTAR NOTASI

<i>PWM</i>	= <i>Pulse Width Modulation</i>
<i>HMI</i>	= <i>Human Machine Interface</i>
<i>LCD</i>	= <i>Liquid Crystal Display</i>
<i>RPM</i>	= <i>Revolutions per minute</i>
<i>CW</i>	= <i>Clockwise</i>
<i>F</i>	= <i>Gaya (Newton)</i>
<i>V</i>	= <i>Voltase</i>
<i>Nm</i>	= <i>Newton Meter</i>
<i>A</i>	= <i>Ampare</i>
<i>r</i>	= <i>Jarak (mm)</i>
$\tau$	= <i>Momen Gaya (Nm)</i>
<i>T</i>	= <i>Torsi</i>

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Henti jantung yaitu suatu kondisi ketika jantung mengalami disfungsi secara mendadak yang terjadi pada penderita penyakit jantung maupun tidak. Selain itu henti jantung dapat terjadi sangat cepat pada waktu yang tidak dapat diperkirakan [1]. Henti jantung juga dapat diartikan sebagai aliran darah pada jantung yang tidak sanggup untuk memenuhi kebutuhan oksigen pada otak dan organ lainnya secara mendadak.

Henti jantung akan menyebabkan kematian atau gangguan pada otak jika tidak dilakukan tindakan yang tepat. Beberapa penyebab henti jantung dapat berupa serangan jantung, jaringan jantung yang mengalami luka, penebalan otot jantung, mengidap arteri koroner, dan penyakit jantung lainnya. Menurut Kementerian Kesehatan, serangan jantung adalah salah satu penyakit yang menyebabkan kematian di Indonesia.

Selain itu, data WHO menunjukkan pada tahun 2021 bahwa serangan jantung merupakan penyakit pembunuh nomor satu di dunia yaitu mencapai 17,8 juta kematian. Pada tahun 2013 dan 2018, penyakit jantung mengalami peningkatan dari 0,5% pada tahun 2013 menjadi 1,5% pada tahun 2018, bahkan data BPJS menyebutkan bahwa pada tahun 2021 penyakit jantung menjadi beban pembiayaan terbesar yang mencapai sekitar Rp7,7 triliun [2].

Direktur Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Tidak Menular, Dr. Eva Susanti, S.Kp., M.Kes. (2022) berpendapat bahwa untuk menangani penyakit jantung di Indonesia, kementerian kesehatan mengadakan penguatan dalam layanan primer melalui edukasi pada masyarakat dan melakukan pencegahan primer dan sekunder [3]. Salah satu cara yang bisa dilakukan untuk menangani kasus henti jantung yaitu dengan melakukan Resusitasi Jantung Paru (RJP).

Resusitasi Jantung Paru (RJP) yaitu suatu prosedur yang dapat dilakukan untuk memulihkan fungsi dan sirkulasi pernapasan pada pasien yang mengalami henti jantung maupun henti napas. Tindakan RJP tidak hanya dapat dilakukan di

rumah sakit, tetapi dapat dilakukan juga diluar saat terdapat pasien atau korban pada suatu kejadian tertentu yang disebut dengan Bantuan Hidup Dasar (BHD).

BHD ini sangat berguna untuk penyelamatan karena dapat memberikan asupan oksigen dan sirkulasi darah pada organ vital seperti otak dan jantung. RJP yang segera diberikan di menit pertama saat henti jantung dapat menaikkan kelangsungan hidup dari korban dua hingga tiga kali. Korban yang diberikan RJP hanya dengan kompresi atau *hands only* CPR dapat lebih bertahan dibandingkan dengan yang tidak diberikan RJP.

Teknik *hands only* RJP sangat disarankan untuk seseorang yang menjumpai orang dewasa yang tiba-tiba henti jantung atau napas dan terjadi di luar rumah sakit yang terdiri dari dua langkah, yaitu pertama memanggil bantuan dengan telepon *emergency*, kedua melakukan kompresi yang kuat dan cepat di bagian tengah dada. Kompresi dada diberikan pada kedalaman 5 cm dengan ritme 100-120 kali/menit tanpa interupsi, serta diberikan bantuan pernapasan sebanyak dua kali setelah tiga puluh kompresi dada [4].

Teknik Resusitasi Jantung Paru (RJP) dengan *hands only* atau yang dilakukan secara manual cenderung kurang efektif karena adanya faktor kelelahan dari manusia saat memberikan resusitasi. *Mechanical chest compressions* merupakan teknik RJP otomatis yang menggunakan mesin dan piston dalam melakukan kompresi yang dapat menstabilkan kedalaman saat dilakukan kompresi.

Beberapa penelitian sebelumnya sudah menemukan alat *mechanical chest compressions* untuk melakukan RJP dalam membantu tenaga medis, yaitu Corpuls dan LUCAS. Namun, kedua alat tersebut memiliki harga yang mahal yaitu €10.150 atau Rp310.299.550,25 untuk LUCAS dan \$20.015 atau Rp172.154.150 untuk Corpuls. Harga tersebut akan terhitung lebih mahal lagi jika diimpor ke Indonesia, maka dari itu Indonesia belum memiliki alat tersebut.

Melihat dari tingginya kasus henti jantung di Indonesia dan kurangnya ketersediaan alat RJP otomatis di rumah sakit, mengharuskan untuk bisa membuat alat RJP otomatis sendiri. Hal tersebut yang mendorong untuk melakukan penelitian mengenai “Rancang Bangun Sistem Otomasi Alat Resusitasi Jantung Otomatis”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah ditulis, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan sistem kendali yang akan digunakan pada alat resusitasi jantung Otomatis?
2. Bagaimana hasil implementasi dan pengujian sistem kendali pada alat resusitasi jantung otomatis?

## **1.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditulis, maka didapatkan batasan masalah sebagai berikut :

1. Alat resusitasi jantung otomatis ditempatkan pada posisi yang rata dan pasien berbaring dibawah.
2. Bagaimana program pada mikrokontroler untuk menerima data agar motor penggerak dapat menggerakkan mekanisme *socth yoke*?
3. Penyusunan sistem kendali menggunakan mikrokontroller Arduino Mega.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang rangkaian sistem kendali untuk alat resusitasi jantung otomatis.
2. Mengimplementasikan dan menguji sistem kendali untuk diterapkan pada Alat resusitasi jantung otomatis.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari tugas akhir yang penulis kerjakan adalah sebagai berikut:

1. Menjadi salah satu rekomendasi untuk melakukan tahap lanjut dalam pembuatan alat resusitasi jantung otomatis.
2. Menjadi salah satu acuan untuk penelitian ataupun perancangan sejenisnya.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar laporan ini terdiri dari 5 Bab, yang mana dari 5 Bab tersebut dibagi lagi menjadi beberapa subbab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB 1 yaitu pendahuluan, bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan dan sistematika penulisan.

BAB 2 membahas tentang tinjauan pustaka yang terdiri dari landasan teori sistem dan program yang digunakan dalam membuat tugas akhir.

BAB 3 membahas tentang metode penelitian yang mana meliputi alur perancangan, alat dan bahan yang digunakan serta proses perancangan.

BAB 4 membahas mengenai hasil dari perancangan yang telah dilakukan dan analisis tentang data-data pengujian yang sudah dilakukan.

BAB 5 yaitu penutup, yang berisi tentang kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## BAB 2

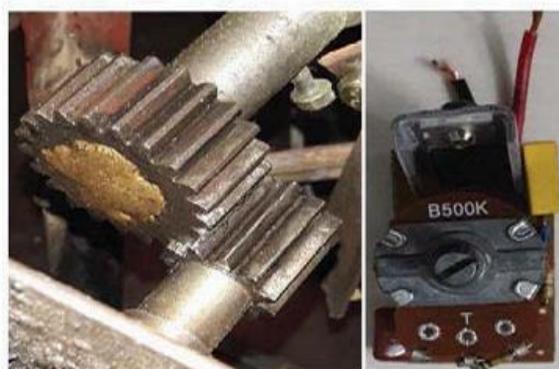
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

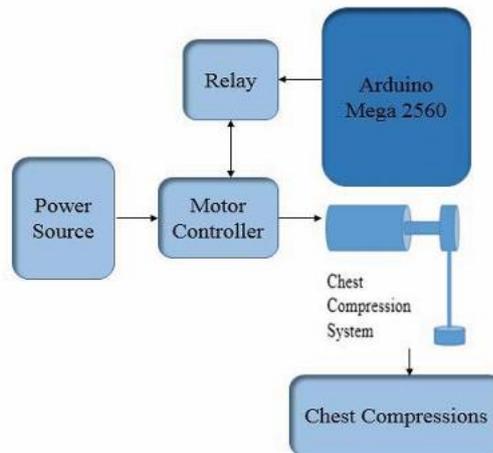
Resusitasi jantung paru (RJP) adalah tindakan pertolongan pertama yang dilakukan untuk orang-orang yang mengalami henti jantung dan tidak mampu bernapas secara normal. RJP bertujuan untuk memulihkan sirkulasi darah dan fungsi pernapasan pada seseorang yang mengalami henti jantung atau henti napas. RJP melibatkan langkah-langkah seperti kompresi dada untuk membantu sirkulasi darah, memberikan napas buatan untuk menggantikan pernapasan yang terhenti.

Seiring dengan jumlah meningkatnya kasus henti jantung, menjadikan proses RJP membutuhkan alat bantu untuk melakukan kompresi secara otomatis. Pengembangan robot pada bidang kesehatan sebagai alat bantu telah menjadi perhatian di berbagai penelitian karena keuntungan yang diberikan. Dengan kemampuannya untuk merekam, mengolah, dan mengontrol data, robot alat bantu RJP dapat memudahkan tenaga medis dalam upaya pertolongan pertama.

Pengembangan robot alat bantu RJP otomatis telah dilakukan baik di Indonesia maupun di luar negeri. Seperti penelitian yang dilakukan Alam dkk pada tahun 2018 yang menciptakan alat resusitasi jantung otomatis. Penelitian tersebut menggunakan motor DC dengan *gear ratio* 6.11 untuk menaikkan torsi motor yang terhubung dengan mekanisme piston dapat dilihat pada Gambar 2.1. sedangkan alur komponen elektrik dapat dilihat pada gambar 2.2.

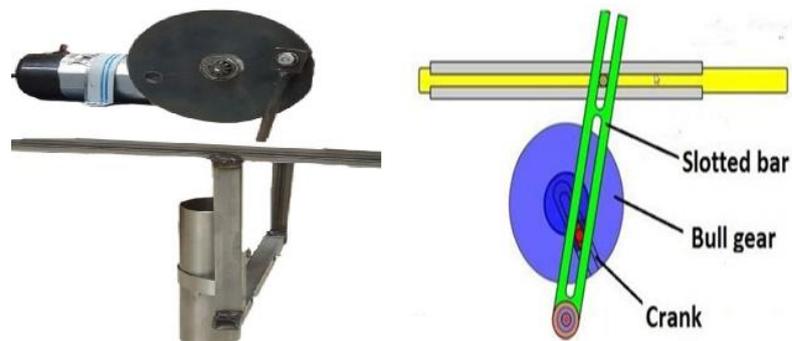


Gambar 2. 1 *Gear Ratio* Motor [5]



Gambar 2. 2 Alur Komponen Elektrik [5]

Penelitian lain juga telah dilakukan oleh Ghafoor dkk, pada tahun 2019 yang menciptakan alat resusitasi jantung otomatis. Penelitian tersebut menggunakan motor penggerak *DC gear motor* yang terhubung dengan mekanisme *crank and slotted lever mechanism*. Motor yang terhubung mekanisme *crank and slotted* dapat pada Gambar 2.3. Sedangkan bentuk akhir *prototype* dapat dilihat pada gambar 2.4.

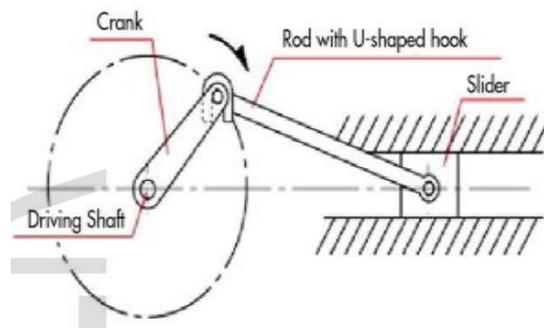


Gambar 2. 3 Mekanisme Crank and Slotted [6]

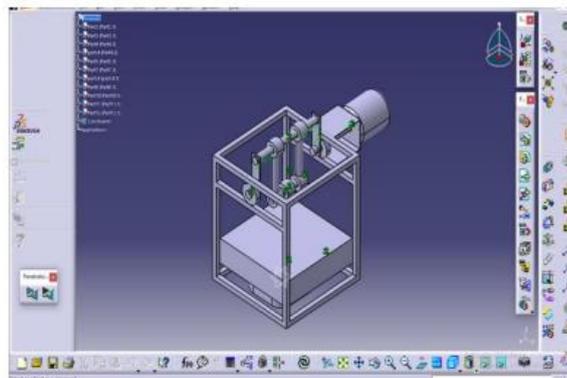


Gambar 2. 4 Bentuk Akhir Prototype RJP [6]

Selanjutnya, penelitian tentang alat resusitasi jantung otomatis juga telah dilakukan oleh Vinayak dkk pada tahun 2020. Penelitian tersebut juga merancang sebuah prototipe mesin resusitasi jantung otomatis dengan motor penggerak utama berupa motor DC. Motor DC yang terhubung dengan mekanisme *crank and slotted* menghasilkan gerakan kompresi. Mekanisme *crank and slotted* pada Gambar 2.5. sedangkan desain akhir dari bentuk resusitasi jantung otomatis dapat dilihat pada gambar 2.6.

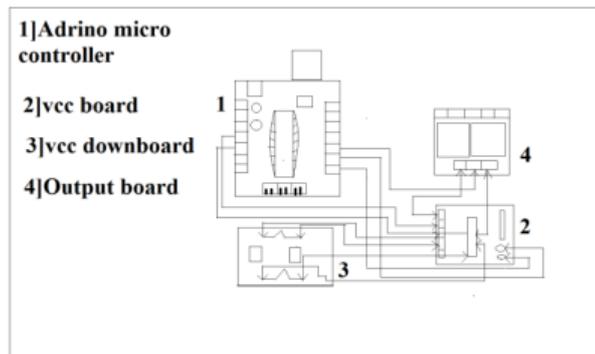


Gambar 2. 5 Mekanisme crank and slotted [7]



Gambar 2. 6 Desain Final [7]

Rangkain komponen pada penelitian tersebut terdiri dari *Arduino*, *vcc board*, *vcc down board* dan *output board* yang ditunjukkan pada gambar 2.7



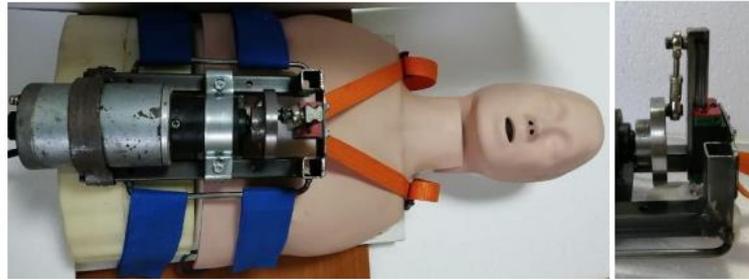
Gambar 2. 7 Rangkain Komponen [7]

Penelitian juga dilakukan oleh Mohammad Monirujjaman Khan dan Md. Mujtabir Alam pada tahun 2019. Penelitian tersebut membuat *prototype* alat resusitasi jantung otomatis dengan motor Listrik untuk menggerakkan mekanisme piston yang menghasilkan kompresi. Hasil perancangan *prototype* ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Hasil Perancangan *Prototype* [8]

Lalu, penelitian juga dilakukan oleh Ahmet Resit Kavsaoglu dan Mehmet Ali Tamokour pada tahun 2022. Penelitian tersebut merancang sebuah alat resusitasi jantung otomatis yang menggunakan *belt* sebagai perantara motor dan pasien. Penggerak utama dari alat tersebut adalah motor dc 12v 140 watt dan menggunakan LCD sebagai keterangan informasi. Hasil perancangan resusitasi jantung ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Hasil Perancangan [9]

Peneliti juga merancang *interface* dengan LCD yang menampilkan beberapa mode yang ada sebagai informasi resusitasi jantung. *Interface* LCD dapat di lihat pada gambar 2.10.



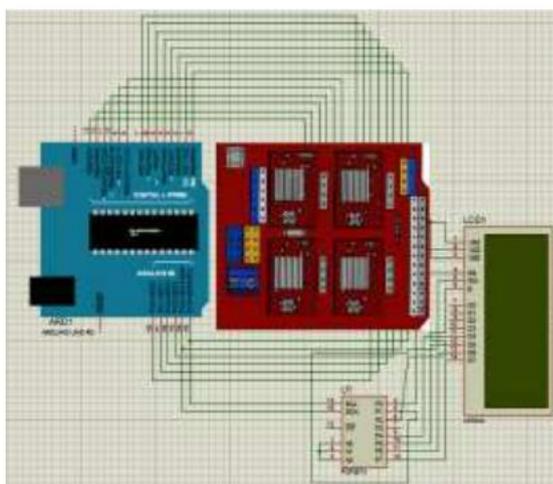
Gambar 2. 10 *Interface* LCD [9]

Tidak hanya di luar negeri, penelitian juga dilakukan di Indonesia seperti yang dilakukan Lang jiwa dan Resman Alim pada tahun 2020. Penelitian tersebut menghasilkan *prototype* sederhana alat resusitasi jantung otomatis. Penggerak utama dari alat tersebut adalah motor stepper. Hasil perancangan alat resusitasi jantung otomatis ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Hasil Perancangan [10]

Peneliti membuat skema perancangan menggunakan arduino UNO dan LCD 20x4 yang dilengkapi modul I2C. Skema koneksi antara arduino UNO dengan LCD 20x4 yang dilengkapi modul I2C dapat dilihat pada gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Skema Koneksi [10]

Rangkuman tinjauan pustaka dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

Tahun Penelitian	Peneliti	Judul Pustaka	Deskripsi
2018	Mujtabir Alam, Mahamud Hussain, Ashik Amin dan Mohammad, Monirujjaman Khan	<i>Design of a Low-cost Automated Cardiopulmonary Resuscitation.</i>	Penelitian membahas perancangan alat resusitasi jantung otomatis yang menggunakan motor dc gear dengan gear ratio 6.11.
2019	Muhammad Jawad Ghafoor, Muhammad Mujeeb-U-Rahman, Muhammad Jamal, Adeel Ahmed	<i>Low-Cost and Portable Cardiopulmonary Resuscitation Machine.</i>	Penelitian membahas perancangan alat resusitasi jantung otomatis menggunakan motor penggerak DC gear motor yang terhubung dengan mekanisme <i>Crank and slotted lever mechanism</i> .
2020	Vinayak, Shridhar, Jeetendra, Prashanth, dan Shivasharanayya	<i>Design of Cardiopulmonary Resuscitation Machine.</i>	Penelitian membahas perancangan alat resusitasi jantung otomatis yang menggunakan motor dc yang terhubung dengan mekanisme <i>Crank and slotted</i> .
2020	Lang jiwa, Resman alim	Alat Resusitasi Jantung Paru.	Peneliti membahas perancangan prototye alat resusitasi jantung otomatis dengan penggerak utama dari alat tersebut adalah motor stepper

2020	Mohammad Monirujjaman Khan, Md. Mujtabir Alam	<i>Research and Development of a Low-Cost Smart Cardio-Pulmonary Resuscitation (CPR) Device Using Locally Available Raw Materials for Cardiac Arrest Patients †</i>	Peneliti membahas perancangan <i>prototype</i> alat resusitasi jantung otomatis menggunakan motor listrik yang terintegrasi 3 saklar, yaitu <i>CPR ON/OFF</i> , <i>CPR (30:2)</i> , dan <i>CPR (Continuous)</i> .
2022	Ahmet Resit Kavsaoglu dan Mehmet Ali Tamokour	<i>AUTOMATIC BELT CARDIOPULMONARY RECISUTATION (CPR) DEVICE AND TEST SYSTEM DESIGN</i>	Peneliti membahas perancangan alat resusitasi jantung otomatis menggunakan belt sebagai penopang motor dc, motor dc digunakan adalah motor dc 12V dengan watt 140.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 RJP

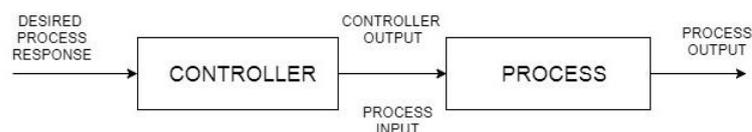
Resusitasi Jantung Paru (RJP) adalah suatu tindakan medis darurat yang dilakukan untuk mengembalikan sirkulasi darah dan fungsi pernapasan pada seseorang yang mengalami henti jantung atau henti napas. Henti jantung terjadi ketika detak jantung berhenti, sedangkan henti napas terjadi ketika seseorang berhenti bernapas. RJP bertujuan untuk memulihkan oksigenasi tubuh agar organ-organ vital dapat terus berfungsi [11].

### 2.2.2 Sistem kendali

Definisi kendali adalah mengatur atau mengarahkan [12]. Sehingga sistem kendali adalah hubungan atau interaksi antar suatu elemen yang diarahkan untuk mencapai suatu tujuan. Sistem kendali sendiri jenisnya terbagi menjadi dua, yaitu sistem kendali terbuka atau *open loop* serta sistem kendali tertutup atau *closed loop*.

#### a. Sistem kendali *open loop*

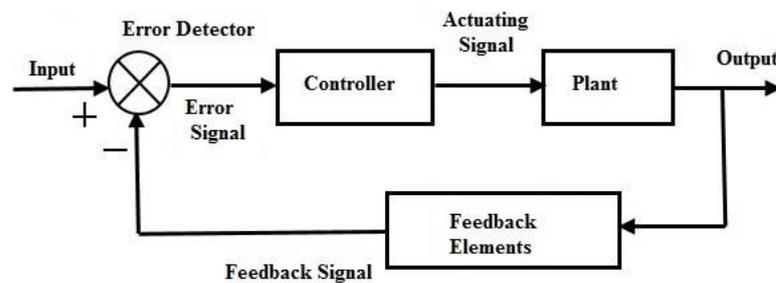
Sistem kendali *open loop* atau sistem kendali terbuka merupakan interaksi antar beberapa elemen guna mendapat suatu tujuan dengan satu arah. Maksud dari satu arah ini yaitu sistem kendali tersebut akan menghasilkan suatu keluaran dan tidak memiliki *feedback* atau umpan balik pada sistem atau yang mempengaruhi sistem. Oleh karena itu, sistem kendali terbuka masih memerlukan kehadiran manusia sebagai pengontrol atau operator untuk memberi masukan. Gambar 2.7 merupakan blok diagram dari sistem kendali *open loop*.



Gambar 2. 13 Blok Diagram Sistem *Open Loop*

b. Sistem kendali *closed loop*

Sistem kendali *closed loop* atau sistem kendali tertutup merupakan interaksi antar beberapa elemen guna mendapat suatu tujuan dengan mempertimbangkan suatu *feedback* atau umpan balik untuk verifikasi dan validasi suatu kesalahan kedalam kontroler. *Feedback* tersebut dapat memperbaiki hasil atau nilai dari suatu output sehingga akan memiliki hasil yang dekat dengan nilai masukan yang diberikan. Gambar 2.8 merupakan blok diagram dari sistem kendali *closed loop*.



Gambar 2. 14 Blok Diagram Sistem *Closed Loop*

### 2.2.3 Momen gaya

Momen Gaya Hukum II Newton menyebutkan suatu benda akan mengalami perubahan kecepatan ketika diberi suatu gaya. Dalam gerak rotasi, benda yang semula diam juga dapat mengalami rotasi apabila benda tersebut bekerja dalam suatu besaran yang disebut momen gaya atau torsi. Benda yang dalam posisi berotasi juga dapat mengalami perubahan kecepatan sudut ketika benda tersebut juga bekerja torsi atau momen gaya.

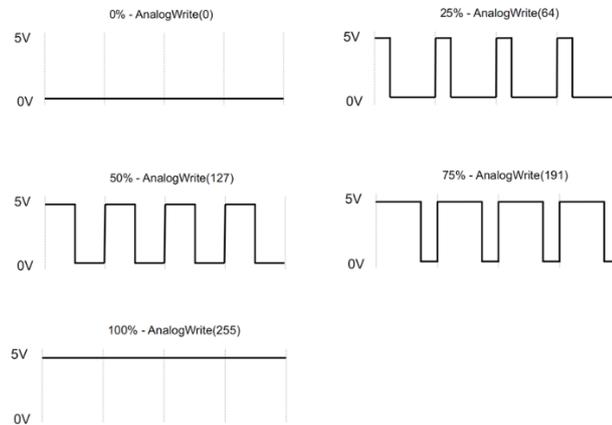
Torsi atau *torque* berbanding lurus dengan gaya (F) dalam Newton, serta berbanding lurus juga dengan nilai jarak dari titik gaya bekerja ke sumbu rotasi (r) dalam meter, dan juga sebanding dengan sinus sudut antara vektor titik posisi gaya bekerja dan vektor gaya sendiri. Sehingga persamaan torsi adalah sebagai berikut;

$$\tau = r \cdot F \cdot \sin$$

### 2.2.4 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM memiliki arti *Pulse Width Modulation* merupakan suatu cara untuk mengkonversi suatu lebar sinyal yang dinyatakan pada suatu perioda guna

mendapat tegangan rata-rata yang berbeda [13]. Dengan mengatur lamanya sinyal ketika bernilai 1 (*High*) atau 0 (*Low*) akan memperoleh keluaran tegangan yang berbeda. Lama waktu sinyal *on* dibandingkan jumlah dari lama *on* dan *off* disebut dengan *duty cycle*.



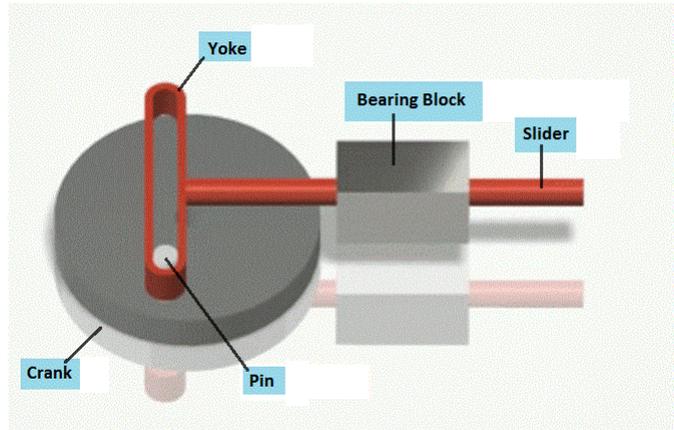
Gambar 2. 15 Sinyal PWM

### 2.2.5 Komunikasi serial

Komunikasi serial merupakan salah satu jenis komunikasi data dengan mengirim satu per satu bit data secara berurutan dalam waktu tertentu. Komunikasi serial membutuhkan media baik kabel maupun nirkabel. Terdapat 2 jenis komunikasi serial yaitu *sinkron* dan *asinkron*. Komunikasi serial *sinkron*, merupakan komunikasi dengan 1 pihak pengirim dan penerima yang menghasilkan *clock* dan mengirim *clock* tersebut bersamaan beserta data [14].

### 2.2.6 Mekanisme *scotch and yoke*

*Scotch and Yoke* sendiri menjadi jenis mekanisme penghubung khusus yang dapat mengubah rotasi piston menjadi gerakan linear bolak-balik. Mekanisme ini terdiri dari *Yoke* atau blok geser yang dihubungkan dengan batang piston. Nantinya, ketika piston bergerak maju mundur secara melingkar, *Yoke* akan bergeser sepanjang pin *Yoke* dan mulai menghasilkan gerakan linear. Gambar 2.10 merupakan mekanisme *Scotch and Yoke* [15].



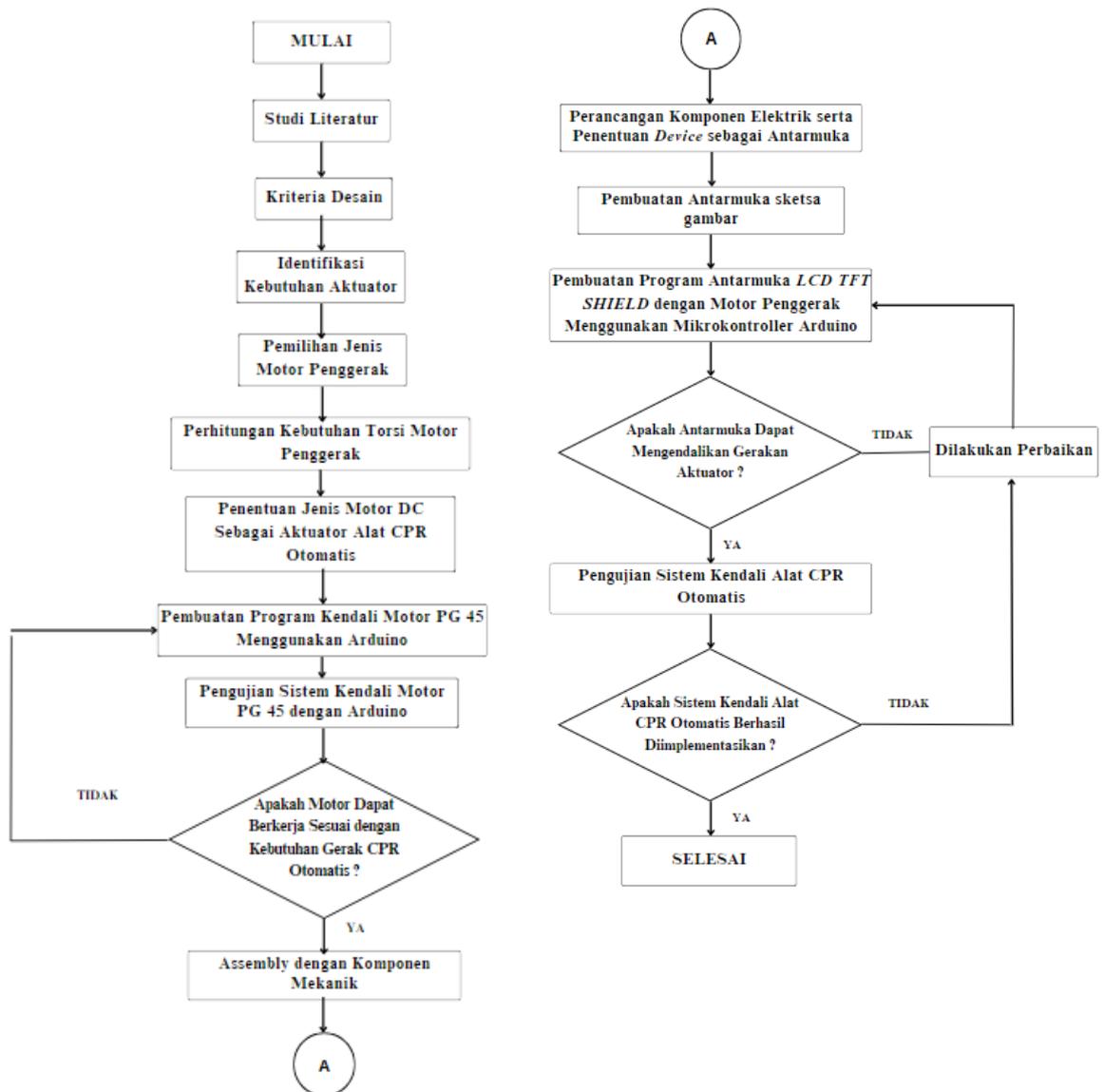
Gambar 2. 16 Mekanisme *Scotch and Yoke*

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Diagram alir yang dilakukan dalam penelitian terdapat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Alur Perancangan

### 3.2 Kriteria Desain

Gerakan yang akan dilakukan pada alat resusitasi jantung otomatis merupakan teknik kompresi dada. Berdasarkan studi AHA (*American Heart Association*) dalam melakukan kompresi kedalaman yang harus dicapai ialah 5-6 cm, dengan kecepatan kompresi 100-120 kali/menit.

Kriteria desain dari sistem kendali yang dibuat dalam penelitian ini yaitu untuk membuat suatu kendali pada alat bantu dalam melakukan resusitasi jantung. Sesuai dengan batasan masalah yang ada, alat resusitasi jantung otomatis dikondisikan dalam posisi pasien berbaring sehingga kompresi dapat dilakukan secara sempurna.

Berdasarkan rumusan masalah dan tujuan penelitian dan perancangan, maka ditentukan kriteria desain pada pembuatan sistem kendali alat resusitasi jantung otomatis pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Kriteria Desain

No	Kriteria	Keterangan
1	Must	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Sistem kendali harus bisa mengendalikan mekanisme <i>scotch yoke</i>.</li><li>2. Pemilihan motor penggerak yang harus bisa menggerakkan 100-120x/ menit</li><li>3. Sistem kendali mudah untuk dikontrol melalui HMI (<i>Human Machine Interface</i>) dengan pilihan mode</li></ol>
2	Want	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Alat yang dirancang bersifat portable sehingga mudah untuk dipindahkan.</li><li>2. Mempunyai Pause Button.</li></ol>
3	Not Want	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Gerakan dari motor penggerak yang tidak sesuai dalam melakukan kompresi, diakibatkan torsi motor yang kurang.</li></ol>
4	Must Not	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Gerakan dari motor penggerak yang membuat kompresi berlebih yang membuat tidak sesuai dengan dasar RJP.</li></ol>

### **3.3 Identifikasi Kebutuhan Aktuator Sistem Kendali**

Perancangan alat resusitasi jantung otomatis membutuhkan aktuator yang dapat memberikan kompresi pada bagian dada manusia. Aktuator yang dipilih merupakan aktuator dengan gerakan berputar atau *rotary actuator*. Resusitasi jantung yang otomatis dirancang untuk bersifat *portable* atau mudah dibawa kemana-mana. Selanjutnya dilakukan identifikasi aktuator yang tepat untuk digunakan pada alat resusitasi jantung otomatis sehingga yang digunakan adalah aktuator motor listrik.

Terdapat banyak jenis motor listrik dengan tipe gerakan *rotary*, beberapa diantaranya adalah motor dc, motor stepper, dan motor servo. Komponen yang dibutuhkan untuk penggunaan motor listrik lebih sederhana dan ringkas dibanding dua jenis aktuator lainnya. Motor listrik juga lebih memungkinkan untuk diterapkan pada alat yang bersifat *portable* karena kemudahan untuk memperoleh sumber daya penggerakannya.

Selain hal itu, kontrol posisi dari gerakan motor lebih mudah untuk dilakukan dengan adanya sistem kendali yang dapat dikontrol oleh sebuah program pada papan mikrokontroler. Sehingga karena nilai-nilai tersebut, penggunaan motor listrik dinilai paling relevan untuk diterapkan sebagai aktuator utama pada perancangan alat resusitasi jantung otomatis.

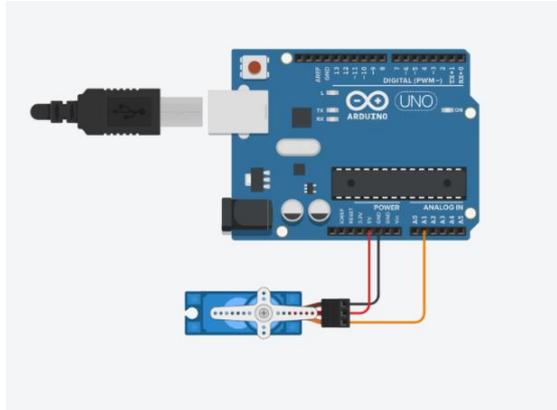
### **3.4 Alternatif Motor Penggerak**

Identifikasi kebutuhan aktuator menyimpulkan bahwa motor listrik merupakan aktuator yang paling relevan untuk diterapkan pada perancangan alat resusitasi jantung Otomatis. Terdapat 3 alternatif dalam pemilihan jenis motor penggerak yang akan digunakan, yaitu menggunakan motor DC, motor stepper, dan juga motor servo. Dari ketiga jenis motor tersebut memiliki karakteristik yang berbeda-beda.

Selanjutnya, dilakukan juga penggambaran skematik *wiring* sederhana pada masing-masing jenis motor, untuk menggambarkan rancangan elektrik alat resusitasi jantung otomatis. Berikut diagram skematik elektrik dari 3 alternatif pemilihan jenis motor penggerak :

a. Alternatif I: Motor Servo

Alternatif pertama merupakan rangkaian kendali menggunakan motor servo. Alternatif tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.2.

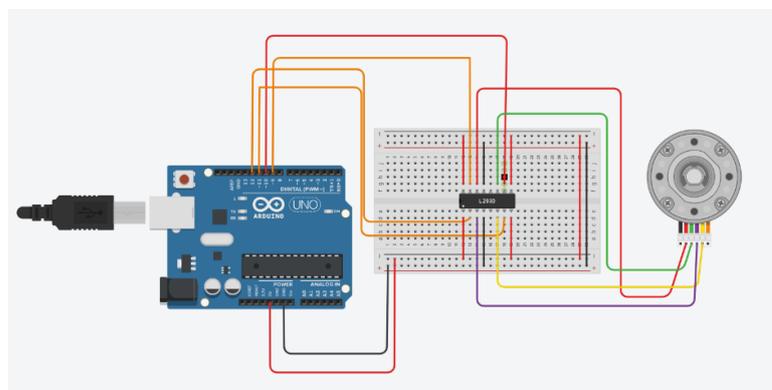


Gambar 3. 2 Ilustrasi Diagram Skematik *Wiring Motor Servo*

Penggunaan motor servo umumnya digunakan pada rangkaian *closed loop*. Biasanya Motor servo memiliki torsi tinggi, cepat, rotasi akurat dalam sudut terbatas. Secara umum, alternatif performa tinggi untuk motor stepper, tetapi pengaturan yang lebih rumit dengan tuning PWM. Lalu banyak servo yang sudah memiliki *built in* piranti *encoder* didalamnya. Sehingga dalam rangkaian tidak perlu lagi menambah piranti encoder.

b. Alternatif II: Motor Stepper

Alternatif kedua merupakan rangkaian kendali menggunakan motor stepper. Alternatif tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.3.



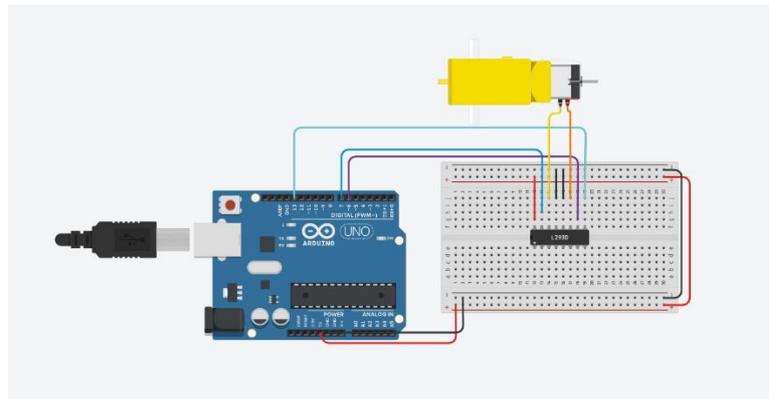
Gambar 3. 3 Ilustrasi Diagram Skematik *Wiring Motor Stepper*

Motor stepper umumnya digunakan pada rangkaian sistem kendali *open loop*. Motor stepper untuk pengaturan mudah, rotasi tepat, dan kontrol. Keuntungan lebih dari motor lain seperti motor servo dalam mengendalikan posisi.

Jika motor ini memerlukan mekanisme umpan balik dan rangkaian dukungan untuk menggerakkan lokasi, motor ini memiliki kontrol posisi melalui sifat putarannya dengan penambahan fraksional, namun kelemahannya lambat dan mengendalikan suatu posisi dan dalam mengatur motor stepper membutuhkan *motor driver*.

c. Alternatif III: Motor DC

Alternatif terakhir merupakan rangkaian kendali menggunakan Motor DC. Alternatif tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Ilustrasi Diagram Skematik *Wiring Motor DC*

Motor DC umumnya digunakan pada rangkaian sistem kendali *open loop*. Biasanya motor DC memiliki rotasi cepat dan kontinu, Motor DC adalah motor rotasi cepat dan kontinu yang terutama digunakan untuk apa pun yang perlu dirotasi pada putaran tinggi per menit (RPM) dan dalam mengatur gerakan motor DC, membutuhkan motor driver. Tabel 3-2 menjelaskan perbedaan dan perbandingan alternatif motor penggerak.

Tabel 3. 2 Perbandingan Jenis Motor Listrik

Motor Servo	Motor Stepper	Motor DC
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umumnya diimplementasi pada sistem kendali closed loop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umumnya diimplementasi pada sistem kendali open loop</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umumnya diimplementasi pada sistem kendali open loop</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beberapa servo tidak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu penambahan motor driver</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu penambahan motor driver</li> </ul>

membutuhkan driver servo		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan Pin lebih sederhana dan ringkas, sehingga bisa menggunakan mikrokontroler Arduino UNO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karena membutuhkan banyak piranti tambahan, membutuhkan mikrokontroler Arduino Mega.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karena membutuhkan banyak piranti tambahan, membutuhkan mikrokontroler Arduino Mega.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotasi Tepat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lambat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kecepatan Tinggi</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengaturan motor secara umpan balik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengaturan motor yang menggunakan sudut</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengaturan Motor secara kontinyu</li> </ul>

Oleh karena itu, dari ketiga opsi alternatif pemilihan jenis motor tersebut, dipilih motor DC sebagai aktuator atau penggerak utama dari alat resusitasi jantung otomatis. Pemilihan motor DC sebagai aktuator dikarenakan Gerakan motor DC secara kontinyu tanpa menggunakan sudut dan mudah untuk digunakan dan lebih mudah dipahami dalam membuat program untuk melakukan kompresi.

### 3.5 Perhitungan Kebutuhan Torsi Motor Penggerak

Berdasarkan studi AHA (*American Heart Association*) gaya yang harus diberikan dalam sekali melakukan kompresi adalah 500 N dengan kecepatan kompresi 100-120 menit. Oleh karena itu, perancangan dan penelitian alat resusitasi jantung otomatis didesain untuk dapat melakukan gerakan kompresi terhadap subjek manusia.

Pada penentuan motor penggerak telah disimpulkan bahwa motor jenis dc yang akan diimplementasikan di mekanisme Scotch Yoke pada alat resusitasi jantung otomatis. Untuk mengetahui kemampuan torsi yang dibutuhkan, maka

dilakukan perhitungan yang dapat menggerakkan mekanisme scotch yoke sebagai berikut ;

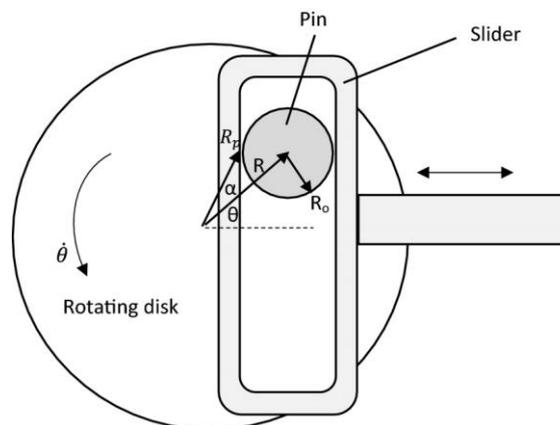
$$\text{Force/Gaya (F)} = 500$$

$$\text{Jari-jari Scotch Yoke (r)} = 0,025$$

$$T = F \cdot r$$

$$T = 500 \cdot 0,025 = 125 \text{ Nm}$$

Untuk gambar diagram bebas diperlihatkan pada gambar 3.5



Gambar 3. 5 Diagram gaya bebas *Scotch yoke*

### 3.6 Pemilihan Alternatif Motor Penggerak

Hasil perbandingan 3 opsi motor penggerak, disimpulkan bahwa motor DC dinilai paling relevan untuk diterapkan pada perancangan alat resusitasi jantung otomatis. Langkah selanjutnya adalah menentukan jenis dan tipe motor dc apa yang paling relevan untuk diterapkan pada alat resusitasi jantung otomatis.

Pilihan motor DC terpilih motor PG 45 yang memiliki spesifikasi 24 V, 200 rpm, dan 15 Nm. Selain torsi nominal yang sudah berada diatas kebutuhan torsi, motor tersebut juga memiliki dimensi yang relatif lebih kecil dan berat yang ringan yang menjadikan motor opsi ketiga lebih sesuai untuk diterapkan pada alat resusitasi jantung otomatis yang bersifat portable.

### 3.7 Modifikasi Motor

Motor DC PG 45 yang digunakan pada alat memiliki spesifikasi 200 rpm. Namun, pada kenyataannya alat tersebut hanya membutuhkan 120 rpm, sehingga

dilakukan modifikasi dengan menambah *gear ratio* supaya menaikkan torsi dan menurunkan rpm. Untuk mengetahui gear ratio yang dibutuhkan, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut ;

$$T1 = 15$$

$$T2 = 24$$

$$T2/T1 = 24/15 = 1.6 \text{ Gear Ratio}$$

Didapatkan gear ratio nya adalah 1,6 kemudian untuk mengetahui perhitungan setelah motor di *gear ratio* sebagai berikut :

$$\text{Rpm} = 200$$

$$\text{Torsi (T)} = 12 \text{ Nm}$$

$$\text{Gear Ratio} = 1.6$$

$$\text{Rpm/Gear Ratio} = 200/1.6 = 125 \text{ Rpm}$$

$$\text{Gear Ratio} \cdot T = 1.6 \cdot 12 = 19,2 \text{ Nm}$$

### 3.8 Alternatif Mikrokontroler dan Penentuan Alternatif

Identifikasi kebutuhan mikrokontroler menyimpulkan bahwa mikrokontroler harus bisa mengontrol motor DC 24V. Mikrokontroler juga harus mempunyai banyak slot pin untuk penghubungan mikrokontroler ke perangkat lainnya. Pilihan mikrokontroler yang akan digunakan pada perancangan adalah Arduino Mega dan ESP32. Kedua mikrokontroler ini mempunyai fitur, spesifikasi, dan karakteristik yang cukup berbeda.

Fitur, spesifikasi, dan karakteristik kedua mikrokontroler dibandingkan untuk mendapatkan pilihan mikrokontroler yang akan digunakan. Untuk melihat perbandingan pada rangkaian sistem kendali dapat dilihat di tabel 3.3.

Tabel 3.3 Tabel Perbandingan Mikrokontroler

	Arduino Mega	ESP32
Kemudahan Penggunaan	Pembagian fungsi pin lebih jelas	Perlu mendeklarasikan lebih lanjut untuk fungsi analog dan digital pada pin
Tegangan Operasi	5V	3V

Kemudahan Pengguna	Mudah dan Sederhana untuk pemula	Kompleks dan Sulit dipelajari untuk pemula
I/O digital, PWM dan Pin Analog	54	48

Perbandingan kedua mikrokontroler yang bisa dilihat pada tabel 3.3. menunjukkan bahwa Arduino mega lebih mudah untuk digunakan dan memiliki pin yang lebih banyak dan lebih jelas dipahami. Dari pembahasan perbandingan dan pertimbangan, Arduino MEGA dipilih sebagai mikrokontroler untuk perancangan sistem kendali alat resusitasi jantung otomatis.

### 3.9 Peralatan dan Bahan

Alat dan Bahan dalam penelitian ini berupa *software* untuk pemrograman serta pengujian dan komponen elektrik yang saling berhubungan menjadi suatu rangkaian sistem elektrik.

#### 3.9.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian dan perancangan dibagi menjadi dua jenis, yaitu perangkat lunak dan perangkat keras. Berikut ini peralatan perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan:

##### a. *Software Arduino IDE*

```

1 #if 1
2
3 #include <Adafruit_GFX.h>
4 #include <Adafruit_GFX_Button.h>
5 #include <lib1.h>
6 #include <TouchScreen.h>
7 #define NUMPRESSURE 200
8 #define NUMPRESSURE 1000
9
10 const int MOTOR0 = 41;
11 const int MOTOR1 = 42;
12 const int enable = 89;
13 const int enable1 = 89;
14 const int X0 = 6, X1 = A2, Y0 = A1, Y1 = 7; //lib1.h
15 const int TS_LEFT = 905, TS_RT = 161, TS_TOP = 292, TS_BOT = 780;
16
17 TouchScreen ts = TouchScreen(X0, Y0, X1, Y1, 300);
18
19 Adafruit_GFX_Button btn0(0, 0, 0, 0, 0);
20
21 int pin1_x, pin1_y; //touch_getXY() updates global vars
22 bool touch_active(false)
23 {
24   TSPoint p = ts.getPoint();
25   pinMode(p.x, OUTPUT); //restore shared pins
26   pinMode(p.y, OUTPUT);
27   digitalWrite(p.x, HIGH); //because I21 control pins
28   digitalWrite(p.y, HIGH);
29   bool pressed = (p.z > NUMPRESSURE && p.z < NUMPRESSURE);
30   if (pressed) {
31     pin1_x = map(p.x, TS_LEFT, TS_RT, 0, 114.width()); //tsv makes sense to me
32   }
33 }
34
35 Output
36 Sketch uses 23486 bytes (65) of program storage space. Maximum is 253952 bytes.
37 Global variables use 466 bytes (51) of dynamic memory, leaving 728 bytes for local variables. Maximum is 8192 bytes.
38
39 In:102, Col:31 Arduino Mega or Mega 2560 (an COM3) [not connected]

```

Gambar 3. 6 Arduino IDE

Arduino IDE (*Intergrated Development Enviroment*) merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam menulis baris program yang berisi perintah-perintah tertentu yang kemudian diunggah ke papan Arduino. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C.

Selain peralatan perangkat lunak, berikut ini merupakan peralatan perangkat keras yang digunakan dalam perancangan:

a. Arduino MEGA



Gambar 3. 7 Arduino MEGA

Arduino MEGA merupakan papan rangkaian elektronik berbasis ATmega328 yang pada perancangan ini digunakan sebagai pengelola data, pengatur gerakan motor, dan juga pengatur input serta interface dari LCD TFT Shield. arduino mega memiliki 54 input output pin digital 15 pinya sebagai pwm output, 16 analog input, 4 UART, USB koneksi, sambungan listrik, tombol reset dan Header ICSP.

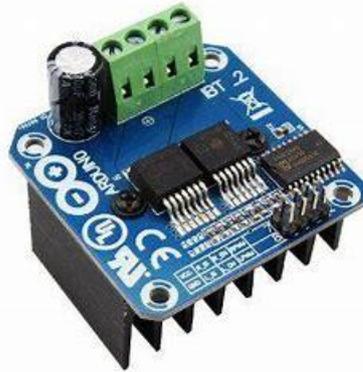
b. LCD TFT Shield



Gambar 3. 8 LCD TFT Shield

LCD TFT Shield kontrol serta visualisasi antarmuka antara pengguna dengan proses/mesin. LCD ini tergolong jenis TFT (*Thin Film Transistor*) sama seperti jenis layar yang ada pada *smartphone* pada umumnya.

c. Driver BTS7960



Gambar 3. 9 Driver BTS7960

Perangkat elektrik Motor driver BTS7960 digunakan sebagai pengatur gerak motor DC dengan arus hingga 43A yang mana arah geraknya dapat diatur melalui *Pulse Width Modulation* (PWM) dari perintah arduino.

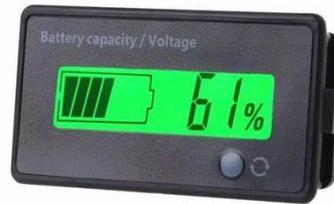
d. Baterai Lithium Ion 24 V 10Ah



Gambar 3. 10 Baterai Lithium Ion

Digunakan sebagai catu daya atau penyedia tegangan untuk komponen elektronika yang ada. Pemilihan 24VDC 10Ah didasari dengan kebutuhan motor PG 45 yang memiliki penggunaan tegangan 24 VDC dan penggunaan pemakain motor yang bisa bertahan lama.

e. Indikator Baterai



Gambar 3. 11 Indikator Baterai

Indikator Baterai digunakan untuk mengetahui pengguna berapa persen daya yang tersisa di baterai.

f. *Push Button*



Gambar 3. 12 Push Button

*Push button* digunakan sebagai pause button yang terhubung ke Arduino.

g. Saklar 3 Kaki



Gambar 3. 13 Saklar 3 Kaki

Saklar 3 kaki digunakan untuk sebagai saklar on/off yang terhubung langsung ke baterai.

### 3.9.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian dan perancangan adalah sebagai berikut :

a. Motor DC PG45



Gambar 3. 14 Motor DC PG45

Motor DC PG45 merupakan motor DC yang dilengkapi dengan reduksi rasio 1:71 yang memiliki kemampuan nominal torsi 12 Nm. Dalam penggunaannya, motor PG 45 membutuhkan input tegangan 24 VDC.

Dari keseluruhan komponen tersebut, akan digabungkan untuk menjadi suatu rangkaian sistem kendali pada perancangan alat resusitasi jantung otomatis. Tabel 3.4 menjelaskan ringkasan alat dan bahan yang digunakan pada perancangan beserta fungsinya.

Tabel 3. 4 Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan	Fungsi
1	<i>Software Arduino IDE</i>	Berfungsi untuk menuliskan program perintah ke mikrokontroler Arduino UNO
2	Arduino MEGA	Berfungsi sebagai otak atau pusat dari rangkaian sistem kendali dan sistem elektrik
3	LCD TFT Shield	Berfungsi sebagai HMI atau <i>Human Machine Interface</i>
4	Driver BTS 7960	Berfungsi penghubung antar motor dc dengan <i>Arduino</i> .
5	Baterai Lithium Ion 24VDC 10 Ah	Berfungsi sebagai sumber tegangan dari sistem kendali.
6	Indikator baterai	Berfungsi Mengetahui sisa baterai.
7	Push Button	Sebagai <i>pause button</i> .

8	Saklar 3 kaki	Sebagai saklar antara baterai dan driver motor BTS 7960.
7	Motor PG 45	Berfungsi sebagai motor penggerak mekanisme <i>Scotch Yoke</i>

### 3.10 Perancangan Sistem Kendali

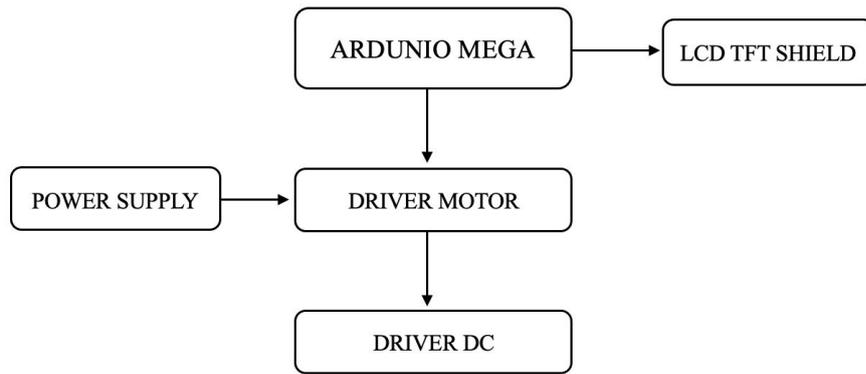
Konsep dasar dalam perancangan yang dibuat adalah dengan merancang suatu alat resusitasi jantung otomatis. Alat resusitasi jantung ini memiliki motor DC sebagai penggerak utama, yaitu motor PG45. Motor tersebut harus dapat mengendalikan mekanisme *scotch yoke*, yang mana agar dapat melakukan kompresi. Dari konsep kerja tersebut, dalam perancangan terdapat 2 tahap perancangan, yaitu perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

#### 3.10.1 Perancangan perangkat keras

Perancangan sistem kendali resusitasi jantung otomatis dimulai dari perancangan perangkat keras. Adapun perancangan perangkat keras terbagi menjadi 2 perancangan, yaitu perancangan komponen elektrik dan perancangan perangkat keras sistem kendali.

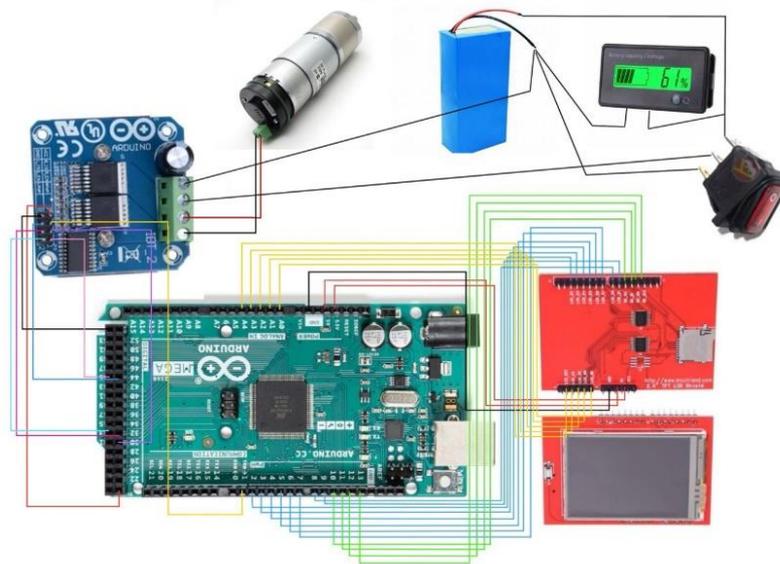
##### 3.10.1.1 Komponen elektrik

Prinsip kerja dari alat ini adalah, Arduino MEGA menjadi pusat kendali dan akan mengontrol gerakan dari motor DC. Untuk mengatur kecepatannya yaitu menggunakan sinyal PWM yang dihubungkan pada pin PWM Arduino MEGA. Dalam antarmukanya, dipilih LCD TFT Shield sebagai HMI. LCD TFT akan menampilkan tombol pada layar sentuh yang terdapat 3 mode untuk menggerakkan motor DC. Rangkaian komponen elektrikal alat ini ditunjukkan pada gambar 3.14.



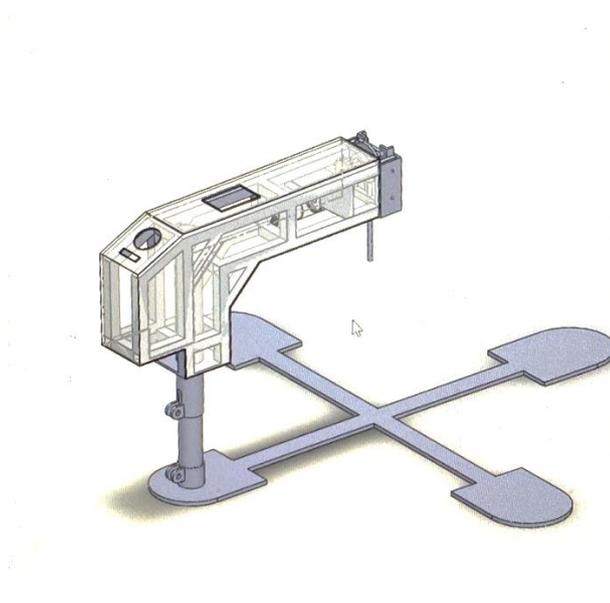
Gambar 3. 15 Rangkaian Komponen Elektrik

Kemudian rangkaian tersebut akan ditata dan ditempatkan pada *frame* resusitasi jantung otomatis. Selanjutnya, ilustrasi diagram skematik *wiring* rangkaian sistem kendali ditunjukkan pada gambar 3.15.



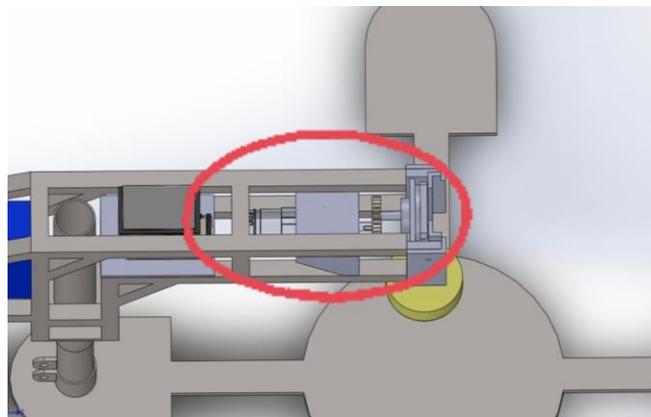
Gambar 3. 16 Diagram skematik *wiring* alat resusitasi jantung otomatis

### 3.10.1.2 Perancangan perangkat keras yang akan dikendalikan



Gambar 3. 17 Desain alat resusitasi jantung otomatis

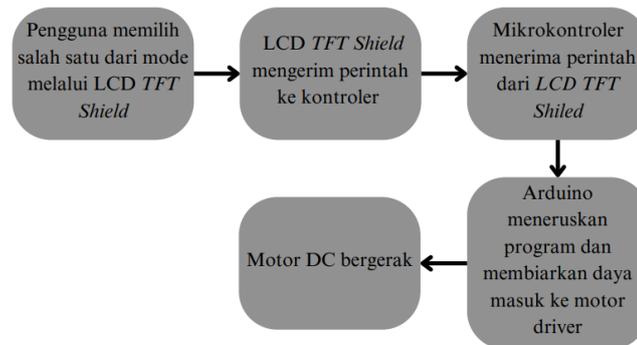
Perangkat keras yang akan dikendalikan pada penelitian adalah motor penggerak. Bentuk keseluruhan alat dapat dilihat pada gambar 3.16. Satu motor penggerak diletakkan di dalam yang terhubung antara poros gear dan mekanisme.. Peletakan motor penggerak yang terhubung ke mekanisme soth yoke dapat dilihat pada gambar 3.17.



Gambar 3. 18 Peletakan motor penggerak yang terhubung mekanisme

### 3.10.2 Perancangan perangkat lunak

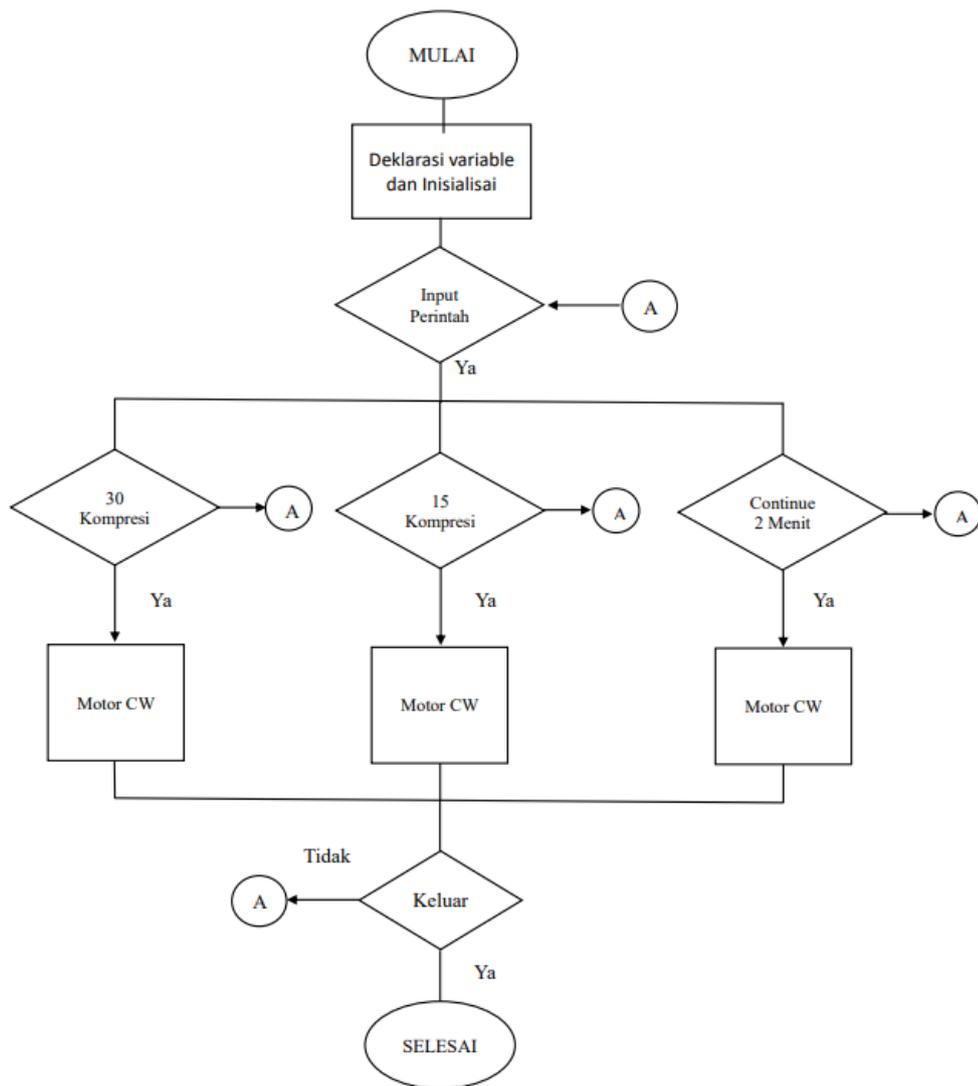
Perancangan perangkat lunak sistem kendali resusitasi jantung Otomatis dirancang untuk saling menghubungkan antara *LCD TFT Shield* dan pusat sistem kendali. Alur dari keterhubungan perangkat lunak dan pusat sistem kendali dapat dilihat pada gambar 3.19.



Gambar 3. 19 Alur keterhubungan perangkat lunak dengan pusat sistem kendali

#### 3.10.2.1 Perancangan kode program perintah pada mikrokontroler

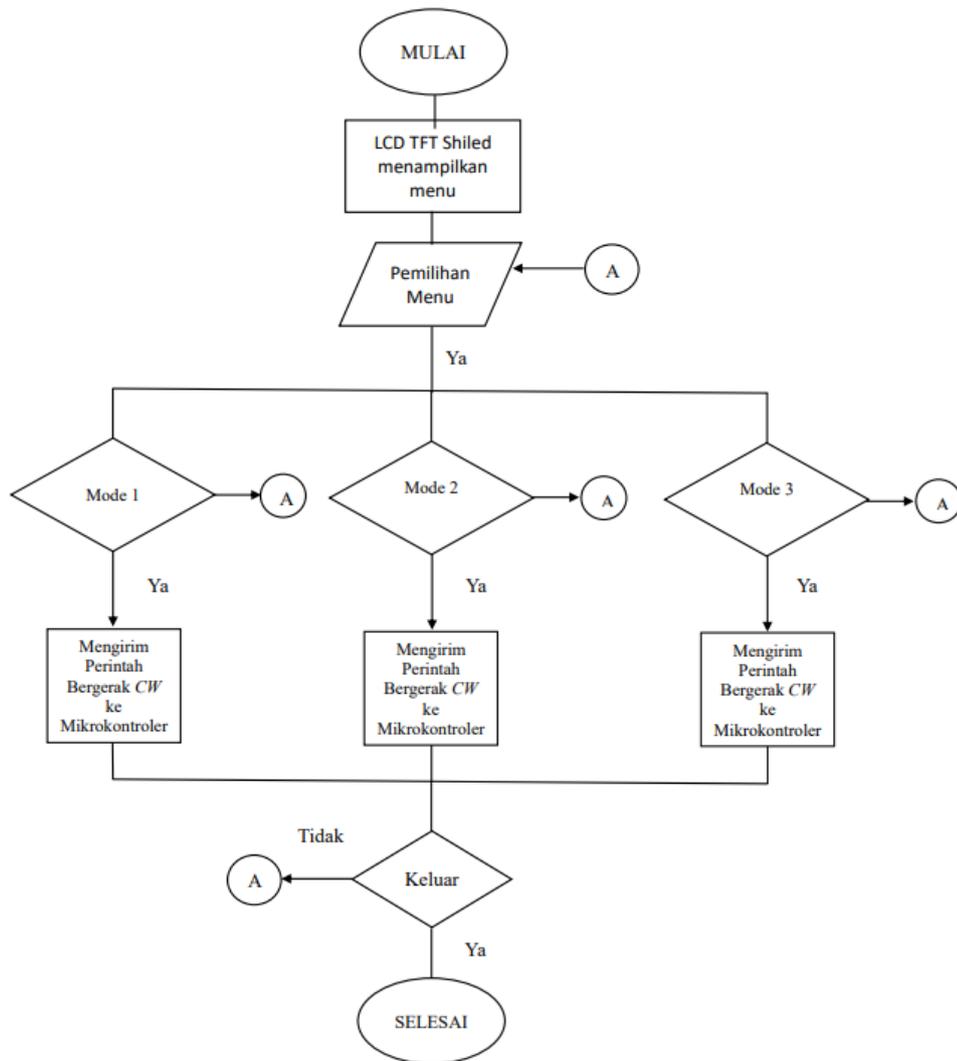
Perancangan kode program perintah pada mikrokontroler adalah membuat kode program untuk mengirimkan perintah pada mikrokontroler. Kode program dirancang menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C. Bahasa pemrograman yang digunakan relatif mudah untuk digunakan dan dapat diaplikasikan pada mikrokontroler Arduino Mega. Alur program mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3. 20 Alur Program Mikrokontroler

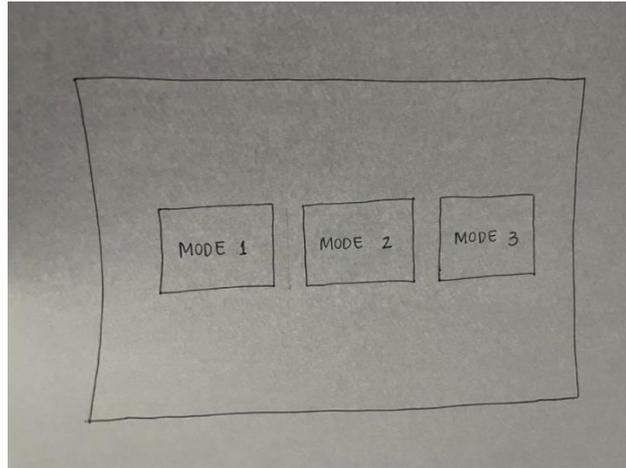
### 3.10.2.2 Rancangan antarmuka LCD TFT Shield

LCD *TFT Shield* digunakan sebagai HMI atau antarmuka pengguna pada sistem kendali yang berguna untuk memilih mode pada alat resusitasi jantung otomatis. Input pada LCD TFT Shield akan menampilkan 3 icon yang berupa 3 mode tombol yang kemudian akan memberi perintah untuk mengontrol motor DC. Skema rancangan alur kerja LCD TFT Shield dapat dilihat pada gambar 3.21.



Gambar 3. 21 Skema rancangan alur kerja

HMI yang akan dirancang memiliki 3 tombol, yang berfungsi sebagai tombol perintah gerak. Tombol perintah gerak berfungsi untuk memberikan perintah gerak kepada alat. Perintah gerak yang diberikan berupa perintah gerak *clockwise* (CW). Sketsa tampilan LCD TFT dapat dilihat pada gambar 3.22.



Gambar 3. 22 Sketsa tampilan LCD TFT

### 3.11 Metode Pengujian

#### 3.11.1 Pengujian *pause push button*

Pengujian pertama yang dilakukan setelah selesai perancangan adalah pengujian *pause button* pengujian yang dilakukan dengan cara memilih satu dari mode kompresi yang akan dilakukan sebanyak 5 kali. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah *pause button* berfungsi dengan baik pada sistem kendali.

#### 3.11.2 Pengujian daya tekan kompresi

Pengujian tekanan gaya kompresi dengan cara mengetahui berapa tekanan yang diberikan pada setiap kompresi. Pengujian dilakukan dengan cara perulangan 5 kali kompresi yang mana akan dihitung menggunakan timbangan untuk mengetahui berapa gaya tekan kompresi yang terjadi.

#### 3.11.3 Pengujian durasi kompresi

Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian durasi kompresi. Pengujian dilakukan dengan cara menggerakkan mekanisme *scotch yoke* yang terhubung dengan motor DC PG45, yang dimana akan terbagi menjadi 3 bagian sesuai mode kompresi yaitu mode 1 (30 kompresi) dan mode 2 (15 kompresi) yang akan dilakukan 5 kali pada setiap mode. Pengujian dilakukan untuk memastikan motor DC dapat menggerakkan mekanisme *scotch yoke*.

### **3.11.4 Pengujian respon pengguna**

Pengujian terakhir adalah melihat respon pengguna dalam menggunakan alat perancangan resusitasi jantung otomatis, yang mana pengguna menjawab beberapa pertanyaan yang telah disediakan di google form. Adapun enam pertanyaan yang diajukan adalah sebagai berikut :

1. Apakah produk RJP otomatis sudah sesuai dengan dasar–dasar RJP ?
2. Apakah dalam pengoperasian mudah ?
3. Apakah bentuk produk RJP otomatis sesuai dengan diinginkan ?
4. Apakah pengguna dapat adjustable dalam penggunaan RJP otomatis ?
5. Apakah Pause Button berfungsi dengan baik ?
6. Apakah produk dapat dibawa kemana-mana ?

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan

Hasil perancangan yang telah dilakukan yaitu pertama berupa perancangan perangkat keras seperti pemasangan atau *assembly* komponen elektrik dengan mekanisme dan pembuatan rangkaian sistem kendali alat resusitasi jantung otomatis.

##### 4.1.1 Perancangan perangkat keras

Hasil pembuatan alat resusitasi jantung otomatis yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



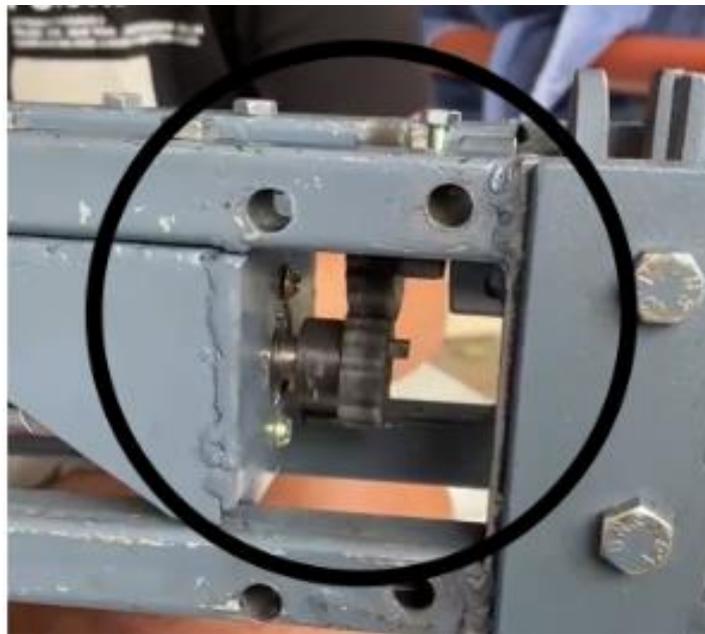
Gambar 4. 1 *Full assembly* alat resusitasi jantung otomatis

Gambar 4.1 menunjukkan alat resusitasi jantung otomatis yang telah di *full assembly*, terdiri dari motor DC PG45. Berikut bagian-bagian pada sistem kendali alat resusitasi jantung otomatis :

- a. Motor PG45 sebagai motor penggerak mekanisme *scotch yoke*



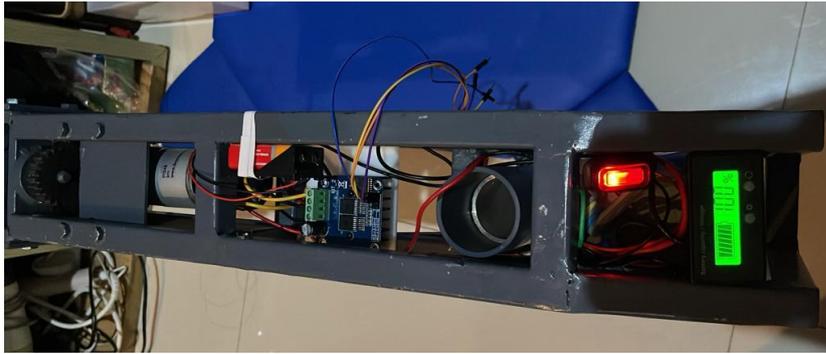
Gambar 4. 2 Motor PG45 Terhubung antara gear dengan mekanisme *Scoth Yoke*



Gambar 4. 3 Letak Motor PG45 yang terhubung antara gear dan mekanisme

Motor PG45 berfungsi sebagai penggerak utama dalam mekanisme *Scoth yoke*. Gambar 4.2 dan 4.3 merupakan posisi peletakan motor pada *frame* yang sudah diberi dudukan antar *gear*.

- b. Rangkaian sistem kendali resusitasi jantung otomatis



Gambar 4. 4 Rangkaian sistem kendali resusitasi jantung otomatis

Sistem kendali berfungsi sebagai pengendali aktuator lewat antarmuka LCD TFT Shield. Gambar 4.4 merupakan rangkaian sistem kendali yang dirancang terdiri atas mikrokontroller Arduino MEGA, driver motor BTS 7960, indikator baterai, saklar on/off, dan motor dc PG45. Perintah yang diberikan dari antarmuka LCD TFT akan diproses oleh Arduino hingga akhirnya dapat mengendalikan aktuator sesuai dengan kriteria RJP yang diinginkan. Rangkaian tersebut juga terhubung dengan housing atau handle antarmuka LCD TFT yang dibuat menggunakan akrilik. *Housing* antarmuka tersebut ditunjukkan pada gambar 4.5

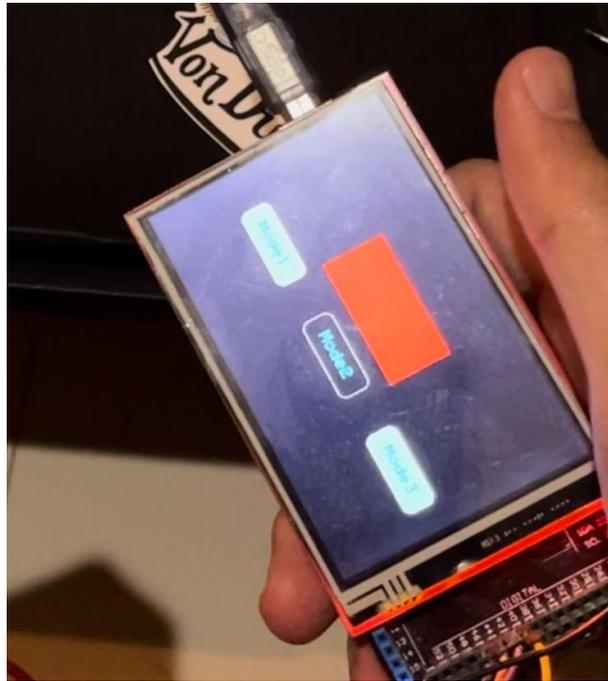


Gambar 4. 5 *Housing* LCD TFT

#### **4.1.2 Hasil pembuatan antarmuka pada *LCD TFT Shield***

Hasil perancangan yang juga telah dilakukan yaitu berupa pembuatan antarmuka pada LCD Nextion untuk memberi perintah melakukan gerak kompresi.

Terdapat 3 tombol pada pada halaman menu antarmuka LCD TFT *Shield*, yaitu tombol ‘Mode 1’, ‘Mode 2’, dan ‘Mode 3’. Setelah alat dinyalakan, LCD TFT akan menampilkan halaman ‘Menu’ yang merupakan halaman utama untuk memilih mode yang akan di alat resusitasi jantung otomatis. Halaman ‘Menu’ ditampilkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Halaman Menu

Fungsi detail setiap tombol pada aplikasi dapat dilihat pada table 4.1.

Tabel 4. 1 Fungsi detail

No.	Tombol	Fungsi
1	Mode 1	Melakukan gerakan 30 kompresi.
2	Mode 2	Melakukan gerakan 15 kompresi.
3	Mode 3	Melakukan gerakan kompresi selama 2 menit.

## 4.2 Hasil Pengujian

Hasil dari pengujian yang dilakukan terbagi menjadi 4 bagian, yaitu pengujian *pause button*, pengujian daya tekan kompresi, pengujian durasi

kompresi, dan pengujian respon pengguna. Pengujian *pause button* akan lebih memfokuskan jika *pause button* berfungsi. Lalu, pengujian daya tekan kompresi memfokuskan untuk mengetahui daya tekan pada kompresi. Sedangkan pengujian durasi pada setiap mode kompresi untuk mengetahui beberapa waktu setiap kompresi yang terjadi. Dan pengujian terakhir adalah pengujian kusioner untuk mengetahui respon pengguna mengenai alat resusitasi jantung otomatis. Berikut merupakan hasil pengujian yang telah dilakukan.

#### 4.2.1 Pengujian *pause button*

Pengujian dilakukan untuk mengambil data penggunaan *pause button* apakah berfungsi. Pengujian dilakukan dengan menekan *push button* setiap 5 kali kompresi. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Pengujian Pause Button

No	Berhasil	Gagal
1.	✓	-
2.	✓	-
3.	✓	-
4.	✓	-
5.	✓	-

Tabel 4.2 menunjukkan pengujian *pause button* berhasil dilakukan dengan uji coba 5 kali menekan tombol *push button*.

#### 4.2.2 Pengujian daya tekan kompresi

Pengujian dilakukan untuk mengambil data output daya tekan kompresi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan timbangan yang dimana akan dilakukan 10 kali kompresi untuk mendapatkan hasil berapa daya tekan kompresi. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Data Pengujian Daya Tekan Kompresi

Pengujian Ke-	Daya tekan kompresi (KG)
1	48,9

2	49,4
3	48,8
4	49,2
5	49,5
6	48,8
7	49,3
8	49,1
9	49
10	49,7
Rata-rata	49,17
Standar Deviasi	0,29

Dari tabel 4.3, dapat dilihat hasil dari pengujian. Hasil pengujian menunjukkan hasil tertinggi pengujian ke-10 yang memiliki daya 49,7 kg. Hasil terendah pada pengujian ke-3 dengan 48,8 kg. Hasil data memiliki rata-rata 49,17 kg dan memiliki standar deviasi atau penyimpangan dari rata-rata sebesar 0,29.

### 4.2.3 Pengujian durasi waktu kompresi

Pengujian dilakukan untuk mengambil data durasi waktu kompresi pada gerak mekanisme *scotch yoke* yang terhubung dengan motor dc PG45. Pengujian gerak durasi kompresi dilakukan dengan posisi mekanisme *scotch yoke* dititik  $0^{\circ}$  yang akan berputar hingga sudut  $360^{\circ}$  sudut. Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dalam 2 mode setiap gerakan. Data hasil pengujian dapat dilihat sebagai berikut:

#### 1. Mode 1

Mode 1 terdiri dari 30 kali kompresi, untuk hasil pengujian dapat dilihat di tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Data Pengujian Durasi 30 Kali Kompresi

Pengujian Ke-	Durasi (Sekon)
1.	8,8
2.	9
3.	9,3

4.	8,9
5.	9,3
Rata-rata	9,06
Standar Deviasi	0,460

Dari tabel 4.4, dapat dilihat pada mode 1 membutuhkan rata-rata waktu selama 9,06 sekon untuk 30 kompresi. Pada data waktu 30 kompresi, waktu tertinggi tercatat 9,3 detik dan untuk waktu terendah tercatat 8,8 sekon. Pada hasil data memiliki rata-rata 9,06 sekon dan memiliki standar deviasi atau penyimpangan dari rata-rata sebesar 0,460.

## 2. Mode 2

Mode 2 terdiri dari 15 kali kompresi, untuk hasil pengujian dapat dilihat di tabel 4.5.

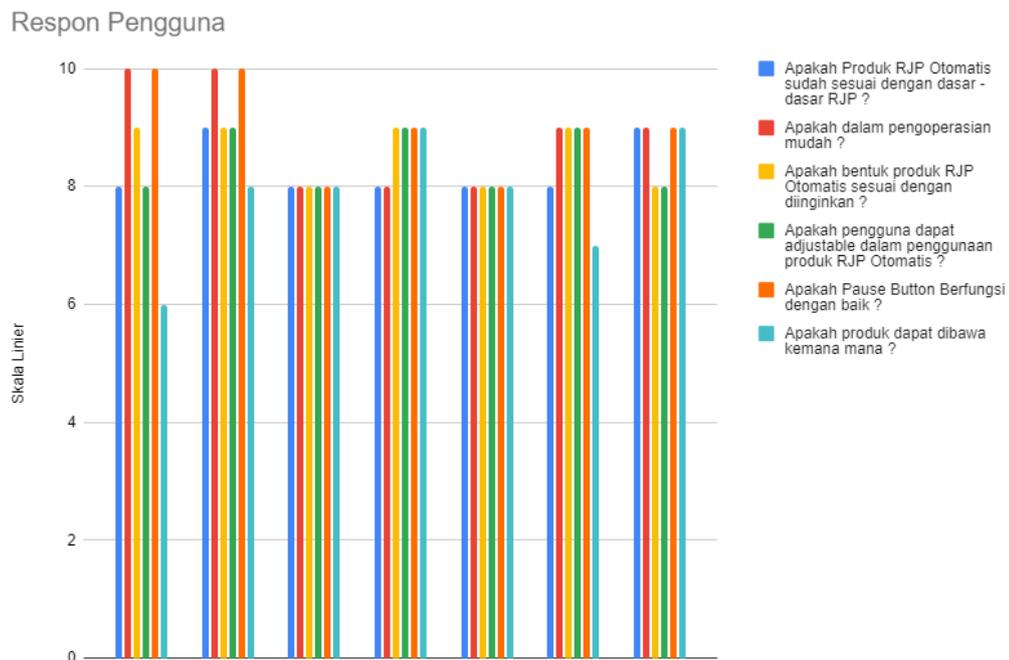
Tabel 4. 5 Data Pengujian Durasi 15 Kali Kompresi

Pengujian Ke-	Durasi (Sekon)
1.	5
2.	4,8
3.	5,1
4.	5,2
5.	4,8
Rata-rata	4,98
Standar Deviasi	0,16

Dari tabel 4.5, dapat dilihat pada mode 2 membutuhkan rata-rata waktu selama 4,98 sekon untuk 15 kompresi. Pada data waktu 15 kompresi, waktu tertinggi tercatat 5,2 detik dan untuk waktu terendah tercatat 4,8 sekon. Pada hasil data memiliki rata-rata 4,98 sekon dan memiliki standar deviasi atau penyimpangan dari rata-rata sebesar 0,16.

#### 4.2.4 Pengujian respon pengguna

Pengujian terakhir dilakukan untuk mendapatkan data respon pengguna dalam uji coba alat resusitasi jantung otomatis, dalam pengujian berisi tujuh respon pengguna yang mencoba alat resusitasi jantung otomatis dan terdapat enam pertanyaan. Data hasil pengujian dari respon pengguna dapat dilihat pada grafik gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Grafik Respon Pengguna

Respon dari tujuh pengguna atas pertanyaan pertama menunjukkan lima responden (71,4%) memberikan skala linier delapan dan dua responden (28,6%) memberikan skala linier sembilan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden menyetujui bahwa alat resusitasi jantung otomatis ini sudah sesuai dengan dasar-dasar RJP.

Pertanyaan kedua menunjukkan sebanyak tiga responden (42,9%) memberikan skala linier delapan, dua responden (28,6%) memberikan skala linier sembilan, dan dua responden (28,6%) memberikan skala linier sepuluh. Hal ini menunjukkan bahwa pengoperasian alat resusitasi jantung otomatis dapat terbilang mudah karena skala yang dipilih menunjukkan angka delapan hingga sepuluh.

Pertanyaan ketiga menunjukkan sebanyak tiga responden (42,9%) memberikan skala linier delapan dan empat responden (57,1%) memberikan skala

linier sembilan. Hal ini menunjukkan bahwa bentuk alat resusitasi jantung otomatis sudah sesuai dengan yang diinginkan pengguna.

Pertanyaan keempat menunjukkan sebanyak empat responden (57,1%) memberikan skala linier delapan dan tiga responden (42,9%) memberikan skala linier sembilan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan alat resusitasi jantung otomatis dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Pertanyaan kelima menunjukkan sebanyak dua responden (28,6%) memberikan skala linier delapan, tiga responden (42,9%) memberikan skala linier sembilan, dan dua responden (28,6%) memberikan skala linier sepuluh. Hal ini menunjukkan bahwa *pause button* dinilai sudah berfungsi dengan baik.

Pertanyaan keenam menunjukkan sebanyak satu responden (14,3%) memberikan skala linier enam, satu responden (14,3%) memberikan skala linier tujuh, tiga responden (42,9%) memberikan skala linier delapan, dan dua responden (28,6%) memberikan skala linier sembilan. Dilihat dari penilaian yang diberikan responden bermacam-macam, menunjukkan bahwa rata-rata responden kurang menyetujui bahwa alat resusitasi jantung otomatis ini dapat dibawa kemana-mana.

Jadi, dapat disimpulkan dari keenam pertanyaan tersebut mendapatkan respon yang baik dari para pengguna yang berarti alat resusitasi jantung otomatis sebagian besar sudah dapat memenuhi kebutuhan penggunanya.

### **4.3 Analisis dan Pembahasan**

Bagian ini membahas terkait analisis dari permasalahan yang terdapat pada perancangan sistem kendali beserta penyelesaiannya.

#### **4.3.1 *Position command* motor PG45**

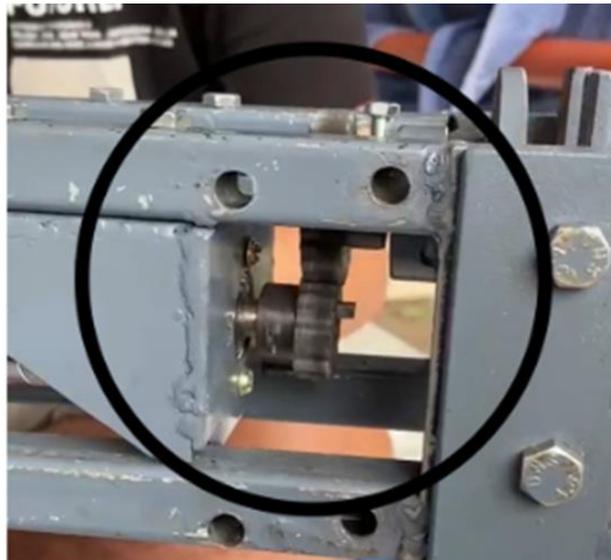
Perancangan sistem kendali motor dc awalnya terdapat beberapa permasalahan. Permasalahan tersebut diantaranya adalah terdapatnya ketidakpresisian hasil gerakan kompresi, *gear* penghubung antara motor dan mekanisme yang terkadang lepas, dan bunyi gear yang berisik. Berikut adalah analisis permasalahan beserta penyelesaian yang dilakukan.

- a. Terdapatnya ketidakpresisian hasil gerakan motor PG45

Hasil pengujian kompresi yang dilakukan terdapat ketidakpresisian hasil gerak dikarenakan *yoke* dan *crank* tidak satu ukuran, yang membuat ada sedikit jarak saat kompresi dimulai.

- b. Gear penghubung antara motor dan mekanisme yang terkadang lepas saat melakukan kompresi.

Alat resusitasi jantung otomatis yang dirancang bergerak melalui jalur poros motor yang terhubung dengan gear dan kembali ke poros mekanisme dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Gear Penghubung Motor dan Mekanisme

Setelah dilakukan pengamatan, didapat hasil bahwa *gear* yang digunakan terkadang suka lepas. Hal ini akan membuat kecepatan motor bergerak akan tetapi mekanisme tidak bergerak melakukan kompresi. Alternatif yang bisa dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah membuat lubang kecil di antara *gear* dan poros yang dimana akan dipasang mur untuk sebagai penahan. Penyelesaian ini akan membuat motor berputar kembali untuk menggerakkan mekanisme.

- c. Gear yang berisik

Gear antar penghubung motor dan mekanisme terkadang berbunyi sangat keras, yang membuat kurang nyaman saat melakukan kompresi untuk resusitasi jantung. Alternatif yang bisa dilakukan adalah dengan sering memberi grease yang dapat mengurangi bunyi keras gesekan antar *gear*.

#### 4.4 Pemenuhan Kriteria Desain

Hasil perancangan alat resusitasi jantung otomatis kemudian dibandingkan pada kriteria desain yang sudah ditentukan. Pemenuhan kriteria desain pada tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Pemenuhan kriteria desain

Kriteria	Terpenuhi
Dapat mengendalikan mekanisme <i>scotch yoke</i>	√
Dapat memberikan kompresi 100-120x/ menit	√
<i>Pause Button</i>	√
Portable	√
Memiliki HMI ( <i>Human Machine Interface</i> ) dengan pilihan mode	√

Motor penggerak alat resusitasi jantung otomatis menggunakan motor dc PG45, yang dari hasil pengujian mampu untuk melakukan gerakan kompresi pada subjek boneka menekan. Alat resusitasi jantung dirancang ringkas dengan kontrol antarmuka menggunakan LCD TFT Shiled. Pada antarmuka tersebut, sudah diberi 3 mode yang telah sesuai dengan dasar-dasar RJP.

Hasil pengujian menunjukkan motor penggerak mampu untuk menggerakkan mekanisme *scotch yoke* dalam kompresi, namun memiliki kekurangan yaitu terdapatnya ketidakpresisian mekanisme *scotch yoke*. Ketidakpresisian dari putaran *crank* yang terhubung ke *yoke*, membuat ada jarak pada saat memulai kompresi pertama kali. Pada hasil pengujian pengujian durasi waktu kompresi mode 1 dan mode 2, terdapat perbedaan waktu kompresi setiap uji coba dikarenakan terdapat overshoot dan undershoot motor PG4.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perancangan sistem kendali menunjukkan bahwa alat resusitasi jantung otomatis berhasil melakukan gerakan kompresi sesuai kebutuhan. Aktuator penggerak berupa motor dc PG45 yang telah di *gear ratio* sendiri beroperasi dengan lancar sesuai dengan kriteria desain alat resusitasi jantung otomatis yang dirancang untuk subjek melakukan 30 kompresi, 15 kompresi dan 2 menit *continuous* yang dapat dikontrol melalui suatu HMI (*Human Machine Interface*) berupa layar *LCD TFT Shiled*.
2. Hasil implementasi dan pengujian sistem kendali menunjukkan bahwa alat resusitasi jantung otomatis mampu melakukan kompresi terhadap boneka menekin dengan kedalaman 5 cm, walaupun terdapat gap atau jarak pada saat pertama kali melakukan kompresi. Hasil pengujian daya tekan, memiliki rata-rata 49,17 kg dan memiliki standar deviasi atau penyimpangan dari rata-rata sebesar 0,29. Pada pengujian durasi waktu kompresi mode 1 dan mode 2, pada mode 1 hasil data memiliki rata-rata 9,06 sekon dan memiliki standar deviasi atau penyimpangan dari rata-rata sebesar 0,460. Pada mode 2 Pada hasil data memiliki rata-rata 4,98 sekon dan memiliki standar deviasi atau penyimpangan dari rata-rata sebesar 0,16. Dari pengujian durasi waktu kompresi pada mode 1 dan mode memiliki perbedaan waktu kompresi setiap uji coba dikarenakan terdapat overshoot dan undershoot motor PG4, yang bisa diminimalisir menggunakan sistem kontrol PID yang dibaca dengan encoder.

## **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

Dari hasil penelitian dan perancangan yang telah dilakukan masih terdapat banyak kekurangan yang masih bisa diperbaiki serta dikembangkan lebih lanjut. Saran pada penelitian dan perancangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Mempertimbangkan menggunakan motor tanpa memasang gear ratio sendiri.
2. Membuat fitur penentuan titik 0 secara otomatis.
3. Menambah fitur yang ada pada HMI untuk monitoring
4. Membuat antarmuka dengan bahasa yang lebih mudah dipahami dengan penambahan ilustrasi gambar.

## DAFTAR PUSTAKA

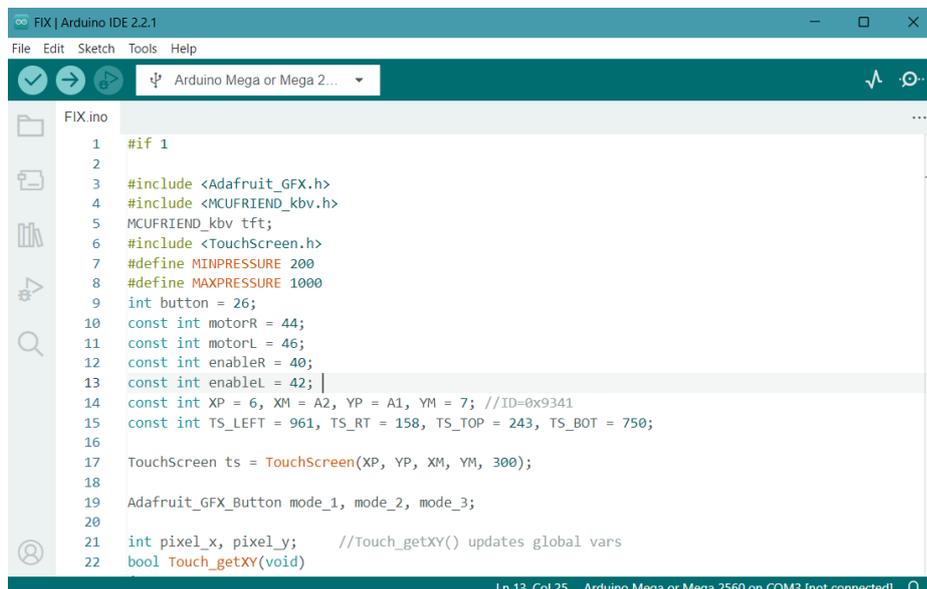
- [1] E. J. Lavonas, D. J. Magid, K. Aziz, K. and A. Cheng, Pedoman American Heart Association 2020 untuk CPR dan ECC, American Heart Association, 2020.
- [2] K. "Satu dari Tiga Kematian Disebabkan oleh Jantung, Ayo Cegah serangan jantung," 2022. [Online]. Available: <https://upk.kemkes.go.id/new/satu-dari-tiga-kematian-disebabkan-oleh-jantung-ayo-cegah-serangan-jantung>.
- [3] K. "Menkes Budi Minta Operasi Jantung Pasang Ring bisa Dilakukan di Semua Kabupaten/Kota," 25 November 2022. [Online]. Available: <https://www.kemkes.go.id/id/rilis-kesehatan/menkes-budi-minta-operasi-jantung-pasang-ring-bisa-dilakukan-di-semua-kabupaten-kota>.
- [4] "What is CPR?," 2015. [Online]. Available: <https://cpr.heart.org/en/resources/what-is-cpr>.
- [5] M. M. A. M. H. M. A. A. and M. M. K. , "Design of a Low-cost Automated Cardiopulmonary Resuscitation Device with Piston-Driven Chest Compression System," International Conference On Electrical Engineering and Information & Communication Technology, pp. 64-68, 2018.
- [6] M. J. Ghafoor, M. Mujeeb-U-Rahman, M. Jamal and A. Ahmed, "Low-Cost and Portable Cardiopulmonary Resuscitation Machine," International Conference on Engineering and Emerging Technologies, pp. 1-6, 2019.
- [7] V. C. M, S. G. M, J. P. S. K and S. Swamy, "Design of Cardiopulmonary Resuscitation Machine," International Journal of Scientific & Engineering Research , pp. 555-560, 2020.
- [8] M. M. Khan and M. M. Alam, "Research and Development of a Low-Cost Smart Cardio-Pulmonary Resuscitation (CPR) Device Using Locally Available Raw Materials for Cardiac Arrest Patients †," Proceedings, pp. 2-6, 2020.
- [9] R. KAVSAOĞLU and M. A. TAMOKUR, "AUTOMATIC BELT CARDIOPULMONARY RECISUTATION (CPR) DEVICE AND TEST," Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, pp. 474-485, 2022.

- [10] L. J. Noventra and R. Lim, "Alat Resusitasi Jantung Paru," *Jurnal Teknik Elektro*, pp. 14-18, 2020.
- [11] N. K. Ningsih, U. and P. L. P. Rochma, "Hubungan Tehnik Pemberian Resusitasi Jantung Paru (RJP) Terhadap Kualitas Resusitasi Jantung Paru (RJP): A Sistematic Review," *Prosiding Seminar Hi-Tech*, vol. 1, no. 1, pp. 2962-3235, 2022.
- [12] C. Suhery, D. Triyanto and E. Kurniawan, "SISTEM PENERANGAN RUMAH OTOMATIS DENGAN SENSOR CAHAYA BERBASIS MIKROKONTROLER," *Jurnal Coding Sistem Komputer Universitas Tanjungpura*, vol. 01, no. 02, pp. 01-10, 2013.
- [13] F. B. Lubis and A. Yanie, "Implementasi Pulse Width Modulation (PWM) Pada Penyaluran Limbah Cair Pupuk Kelapa Sawit Berbasis Arduino," *Journal of Electrical Technology*, vol. 07, no. 02, pp. 39-46, 2022.
- [14] J. Prayudha, S. and S. . N. Arif, "Sistem Kendali Fasilitas Lab Stmik Triguna Dharma Menggunakan Komunikasi Serial Berbasis Mikrokontroler," *Sains dan Komputer (SAINTIKOM)*, vol. 17, no. 02, pp. 184-191, 2018.
- [15] B. Setyono, D. A. Patriawan, E. A. Zuliari and S. M. P. Waseso, "Desain dan Analisis Performasi Sistem Penggerak Purwarupa Kendaraan Hibrid Bertenaga Udara dan Listrik "Bed 18" Menggunakan "Scotch Yoke Mechanism"," *JURNAL IPTEKMEDIA KOMUNIKASI TEKNOLOGI*, vol. 23, no. 01, pp. 01-08, 2019.
- [16] K. Ganthikumar, "Indikasi dan Keterampilan Resusitasi Jantung Paru (RJP)," *Directory Of Open Access Journals*, pp. 58-64, 2016.
- [17] S. Michael R. , . B. Robert A, C. Diana M., P. Richard L, J. Potts and W. Roger D, "Hands-Only (Compression-Only) Cardiopulmonary Resuscitation: A Call to Action for Bystander Response to Adults Who Experience Out-of-Hospital Sudden Cardiac Arrest," *AHA Journals*, pp. 2162-2167, 2008.
- [18] R. "Penyakit Jantung Penyebab Utama Kematian, Kemenkes Perkuat Layanan Primer," 22 September 2022. [Online]. Available: <https://sehatnegeriku.kemkes.go.id/baca/rilis-media/20220929/0541166/penyakit-jantung-penyebab-utama-kematian-kemenkes-perkuat-layanan-primer/>.

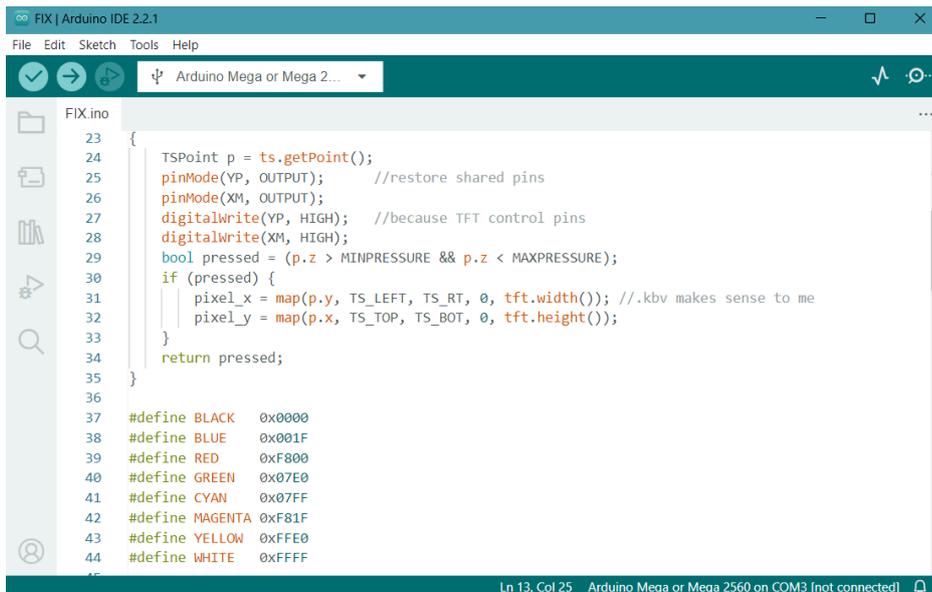
- [19] K. "Yuk, Mengenal Resusitasi Jantung Paru (RJP)," 27 Juli 2022. [Online]. Available: [https://yankes.kemkes.go.id/view\\_artikel/560/yuk-mengenal-resusitasi-jantung-paru-rjp#:~:text=Kompresi%20dada%20diberikan%20dengan%20syarat,setelah%20melakukan%2030%20kompresi%20dada.](https://yankes.kemkes.go.id/view_artikel/560/yuk-mengenal-resusitasi-jantung-paru-rjp#:~:text=Kompresi%20dada%20diberikan%20dengan%20syarat,setelah%20melakukan%2030%20kompresi%20dada.)
- [20] J. J. Y. and M. B. M. , "PREDICTION OF AIRWAY OBSTRUCTION LEVEL IN CARDIOPULMONARY ASSESSMENT WITH A LOW-COST HANDHELD CAPNOGRAPHY DEVICE," SATHYABAMA, CHENNAI, 2022.
- [21] G. D. Perkins, R. Lall, T. Quinn, C. D. Deakin, M. W. Cooke, J. Horton, S. E. Lamb, A.-M. Slowther, M. Woollard, A. Carson, M. Smyth, R. Whitfield, . A. Williams and d. , "Mechanical versus manual chest compression for out-of-hospital cardiac arrest (PARAMEDIC): a pragmatic, cluster randomised controlled trial," *The Lancet*, pp. 947-955, 2014.

# LAMPIRAN 1

## PROGRAM PADA ARDUINO MEGA UNTUK SISTEM KENDALI ALAT RJP OTOMATIS



```
FIX.ino
1  #if 1
2
3  #include <Adafruit_GFX.h>
4  #include <MCUFRIEND_kbv.h>
5  MCUFRIEND_kbv tft;
6  #include <TouchScreen.h>
7  #define MINPRESSURE 200
8  #define MAXPRESSURE 1000
9  int button = 26;
10 const int motorR = 44;
11 const int motorL = 46;
12 const int enableR = 40;
13 const int enableL = 42;
14 const int XP = 6, XM = A2, YP = A1, YM = 7; //ID=0x9341
15 const int TS_LEFT = 961, TS_RT = 158, TS_TOP = 243, TS_BOT = 750;
16
17 TouchScreen ts = TouchScreen(XP, YP, XM, YM, 300);
18
19 Adafruit_GFX_Button mode_1, mode_2, mode_3;
20
21 int pixel_x, pixel_y; //Touch_getXY() updates global vars
22 bool Touch_getXY(void
```



```
FIX.ino
23 {
24     TSPoint p = ts.getPoint();
25     pinMode(YP, OUTPUT); //restore shared pins
26     pinMode(XM, OUTPUT);
27     digitalWrite(YP, HIGH); //because TFT control pins
28     digitalWrite(XM, HIGH);
29     bool pressed = (p.z > MINPRESSURE && p.z < MAXPRESSURE);
30     if (pressed) {
31         pixel_x = map(p.y, TS_LEFT, TS_RT, 0, tft.width()); //kbv makes sense to me
32         pixel_y = map(p.x, TS_TOP, TS_BOT, 0, tft.height());
33     }
34     return pressed;
35 }
36
37 #define BLACK 0x0000
38 #define BLUE 0x001F
39 #define RED 0xF800
40 #define GREEN 0x07E0
41 #define CYAN 0x07FF
42 #define MAGENTA 0xF81F
43 #define YELLOW 0xFFE0
44 #define WHITE 0xFFFF
```

```
FIX | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
FIX.ino
45
46 void setup(void)
47 {
48     Serial.begin(9600);
49     uint16_t ID = tft.readID();
50     Serial.print("TFT ID = 0x");
51     Serial.println(ID, HEX);
52     Serial.println("Calibrate for your Touch Panel");
53     if (ID == 0xD3D3) ID = 0x9486; // write-only shield
54     tft.begin(ID);
55     tft.setRotation(1); //PORTRAIT
56     tft.fillScreen(BLACK);
57     mode_1.initButton(&tft, 100, 200, 100, 40, WHITE, CYAN, BLACK, "Mode1", 2);
58     mode_2.initButton(&tft, 250, 200, 100, 40, WHITE, CYAN, BLACK, "Mode2", 2);
59     mode_3.initButton(&tft, 400, 200, 100, 40, WHITE, CYAN, BLACK, "Mode3", 2);
60     mode_1.drawButton(false);
61     mode_2.drawButton(false);
62     mode_3.drawButton(false);
63     // tft.fillRect(150, 80, 160, 80, RED);
64     pinMode(motorR,OUTPUT);
65     pinMode(motorL,OUTPUT);
66     pinMode(enableR,OUTPUT);
Ln 13, Col 25 Arduino Mega or Mega 2560 on COM3 [not connected]
```

```
FIX | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
FIX.ino
67     pinMode(enableL,OUTPUT);
68     pinMode(button,INPUT);
69     digitalWrite(enableR,HIGH);
70     digitalWrite(enableL,HIGH);
71
72 }
73
74 /* two buttons are quite simple
75 */
76 void loop(void)
77 {
78     bool down = Touch_getXY();
79     mode_1.press(down && mode_1.contains(pixel_x, pixel_y));
80     mode_2.press(down && mode_2.contains(pixel_x, pixel_y));
81     mode_3.press(down && mode_3.contains(pixel_x, pixel_y));
82     if (mode_1.justReleased())
83         mode_1.drawButton();
84     if (mode_2.justReleased())
85         mode_2.drawButton();
86     if (mode_3.justReleased())
87         mode_3.drawButton();
88     if (mode_1.justPressed() {
Ln 13, Col 25 Arduino Mega or Mega 2560 on COM3 [not connected]
```

```
FIX | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
FIX.ino
89     mode_1.drawButton(true);
90     // tft.fillRect(150, 80, 160, 80, GREEN);
91     analogWrite(motorR,255);
92     analogWrite(motorL,0);
93     delay(10000);
94     analogWrite(motorR,0);
95     analogWrite(motorL,0);
96 }
97 if (mode_2.justPressed()) {
98     mode_2.drawButton(true);
99     // tft.fillRect(150, 80, 160, 80,BLUE);
100    analogWrite(motorR,255);
101    analogWrite(motorL,0);
102    delay(5500);
103    analogWrite(motorR,0);
104    analogWrite(motorL,0);
105 }
106 if (mode_3.justPressed()) {
107     mode_3.drawButton(true);
108     // tft.fillRect(150, 80, 160, 80, WHITE);
109     analogWrite(motorR,255);
110     analogWrite(motorL,0);
Ln 13, Col 25  Arduino Mega or Mega 2560 on COM3 [not connected]
```

```
FIX | Arduino IDE 2.2.1
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Mega or Mega 2...
FIX.ino
102     delay(5500);
103     analogWrite(motorR,0);
104     analogWrite(motorL,0);
105 }
106 if (mode_3.justPressed()) {
107     mode_3.drawButton(true);
108     // tft.fillRect(150, 80, 160, 80, WHITE);
109     analogWrite(motorR,255);
110     analogWrite(motorL,0);
111     delay(180000);
112     analogWrite(motorR,0);
113     analogWrite(motorL,0);
114 }
115 if ( button == HIGH){
116     analogWrite(motorR,0);
117     analogWrite(motorL,0);
118 }
119 }
120 }
121 }
122 }
123 #endif
Ln 13, Col 25  Arduino Mega or Mega 2560 on COM3 [not connected]
```

## LAMPIRAN 2

### DATA SHEET PG 45

[www.brontoseno.com](http://www.brontoseno.com)



PG45 Series 775 Motor

Dc carbon brushed

Typical applications:

Robot, AGV, industrial actuator, Pan/Tilt cameras, Grill, Oven, Cleaning machine, Garbage disposers, Packing bank note machine, Coffee machine, Medical machine, Amusement equipment, infusion pumps, Office equipment, Household appliances, Automatic actuator.

Drawing NO.	PG45A19.2K	Model No.	PG45	Voltage	24 DC
Drawing	: 1.0				
(Customer APP.):					
Details	G geared motor specification		1		
	No Load Current (A)	< 1.500	2		
	No Load Speed (r.p.m)	468 ± 10%	30		
	Rated Load Torque (kgf.cm)	15	1		
	Rated Current (A)	< 6.500	2		
	Rated Load Speed (r.p.m)	398 ± 10%	3		
	Stall Current (A)		4		
Stall Torque (kgf.cm)		5			
Rotation Direction	CCW	6			
Draw		Rev		App.	

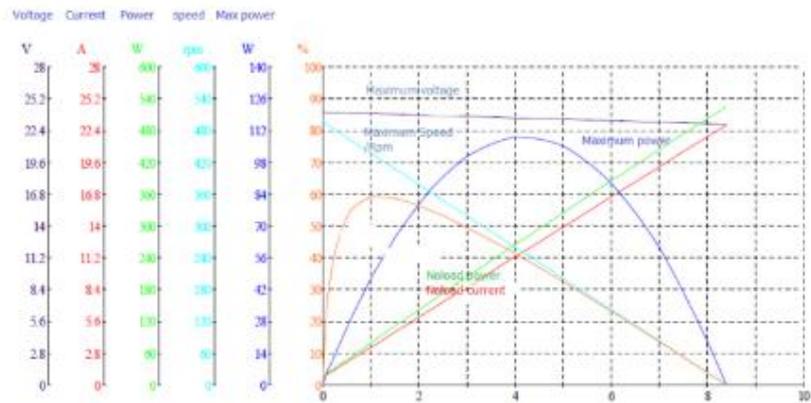


Data & specification Motor

Condition data	Value	Motor data	Value	Motor data	Value
Number of stage	reduction	Motor name	Bx775	Motor name	PG45R375
Reduction ratio	19,2	Rated torque	780 gfcm	Torque	15kgfcm
gearbox length	44,9	Voltage	24Vdc	No load speed	463rpm
Max run in torque	65kgf.cm	No load current	1.5A	Rated load speed	398 (10+ 8)
max gear braking torque	120kg fcm	Rated current	6.5A	Stall torque	40kgfcm
Gearing efficiency	81%	Output power	70W	Rotation direction	CW/CC

Test report

Test by : Andra risciawan  
 Motor name : PG45 19.2k 24V 7ppr encoder  
 Voltage : 24vdc  
 Power rated : 100W  
 Test Date : 5 - 6 - 2 017  
 Motor type : brushed motor  
 Reduction : 1:19.2k



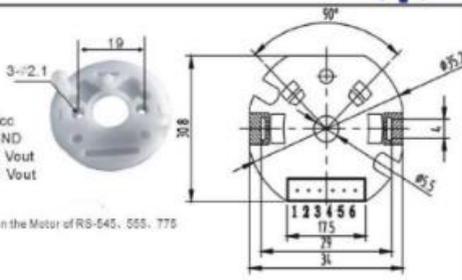




JST XHP-6  
P=2, 5-6P

Two Channel Encoder Connections :

1. MOTOR-
2. MOTOR+
3. HALL SENSOR Vcc
4. HALL SENSOR GND
5. HALL SENSOR A Vout
6. HALL SENSOR B Vout



3-φ2.1  
19  
30.8  
90°  
φ5.7  
φ5.5  
17.5  
7.9  
3.1

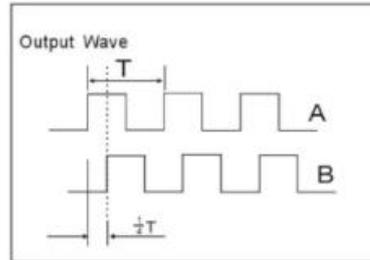
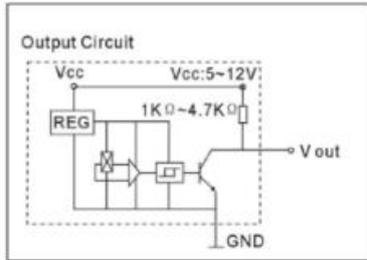
1 2 3 4 5 6

\* The encoder mainly install on the Motor of RS-545, 555, 770  
\* Pulse encoder 7ppr

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS**

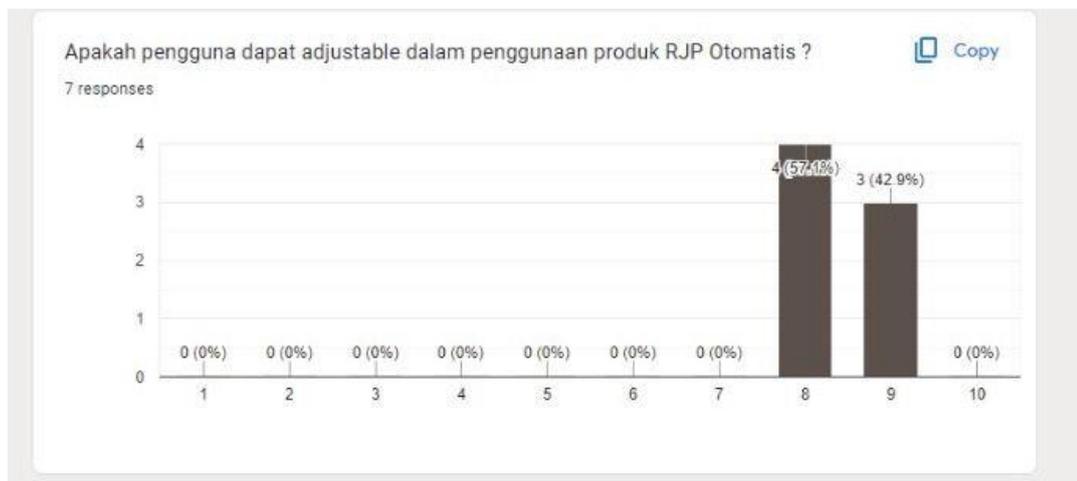
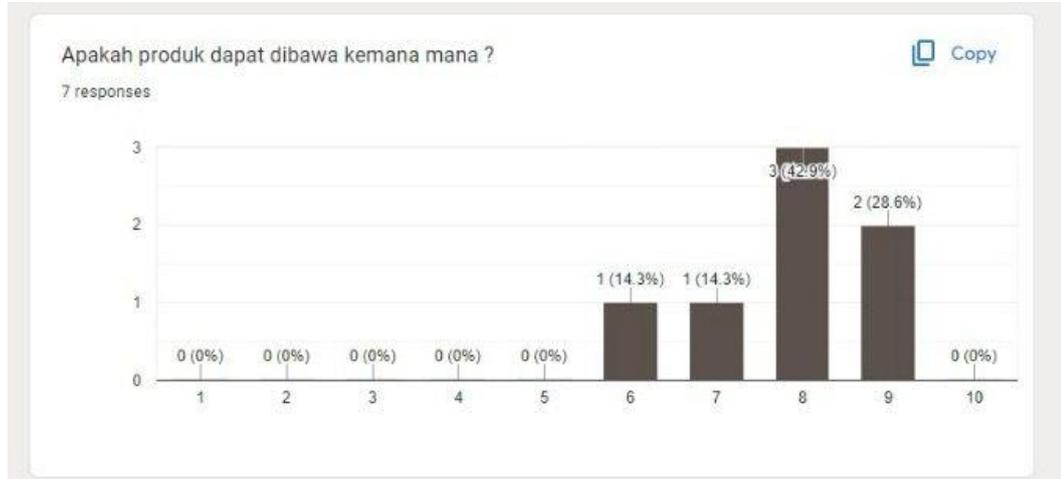
At V<sub>s</sub>=4.5V to 24V with 20mA load with T<sub>a</sub>=-40°C to 125°C [-40°F to 257°F] unless otherwise noted.

CHARACTERISTICS	SYMBOL	TEST CONDITIONS	MIN	REF	MAX	UNITS
Supply Voltage	V <sub>cc</sub>	---	4.5	---	24	V
Supply Current	I <sub>cc</sub>	---	---	14	20	mA
Output Current	I <sub>o</sub>	V <sub>cc</sub> =12V; Gauss=±170	---	---	20	mA
Output Leakage Current	I <sub>oex</sub>	Output open;25°C[77°F]	---	---	10	μA
Output Rise Time	T <sub>r</sub>	R <sub>L</sub> =820Ω; C <sub>L</sub> =20pF;25°C	---	0.5	1.5	μs
Output Fall Time	T <sub>f</sub>	R <sub>L</sub> =820Ω; C <sub>L</sub> =20pF;25°C	---	0.2	1.5	μs



## LAMPIRAN 3

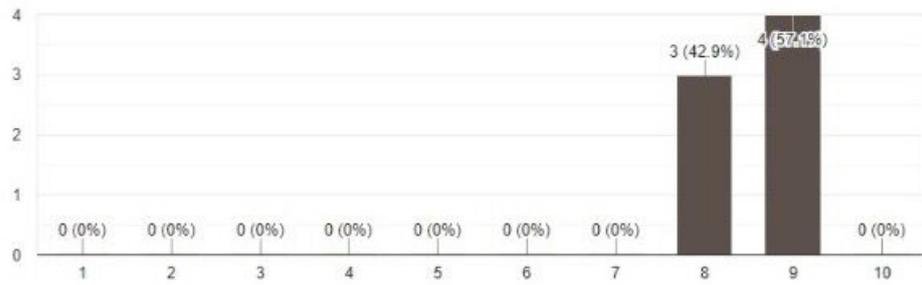
### RESPON PENGGUNA



Apakah bentuk produk RJP Otomatis sesuai dengan diinginkan ?

Copy

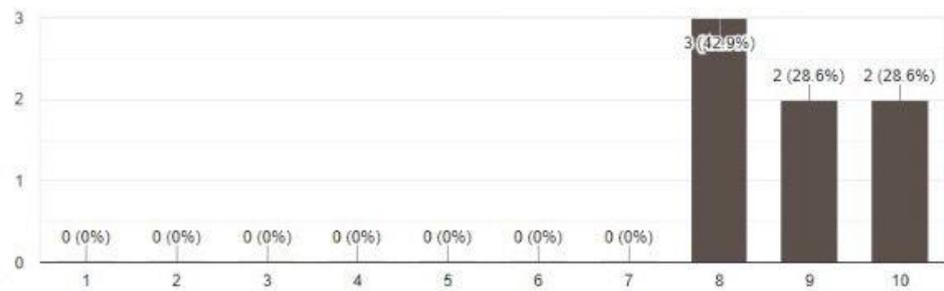
7 responses



Apakah dalam pengoperasian mudah ?

Copy

7 responses



### Kusioner RJP Otomatis

Apakah Produk RJP Otomatis sudah sesuai dengan dasar - dasar RJP ?

Copy

7 responses

