

PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI LENGAN BAGI  
PENDERITA STROKE DENGAN KONTROL PID BERBASIS  
INTERNET OF THINGS



PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR

2023

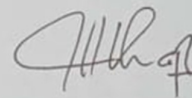
## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **“Pengembangan Robot Rehabilitas Lengan Bagi Penderita Stroke dengan kontrol PID berbasis *Internet Of Things*”** oleh Ahmad Rival Fahrudin NIM 444 19 027 dan Andi Awal Muhajir NIM 444 19 031 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik pada Program Studi Teknik Mekatronika Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Makassar, 23 Agustus 2023

Pembimbing I

Pembimbing II



Dr. Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., M.Eng.  
NIP. 19750402 200312 1 002

Mukhtar, S.Pd., M.Eng.  
NIP. 19880525 201903 1 013

Mengetahui  
Ketua Program Studi Teknik Mekatronika



Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T.  
NIP. 19760413 200812 1 003

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari rabu tanggal 23 Agustus 2023, tim penguji seminar skripsi telah menerima hasil seminar skripsi Ahmad Rival Fahrudin NIM 444 19 027 dan Andi Awal Muhajir NIM 444 19 031 dengan judul “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke dengan kontrol PID berbasis *Internet of Things* (IOT).

Makassar, 23 Agustus 2023

Tim Seminar Skripsi:

- |  |              |   |
|--|--------------|---|
| 1. Ir. Lewi, M.T.                              | Ketua        | (  ) |
| 2. Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T.                   | Sekretaris   | (  ) |
| 3. Paisal, S.T., M.T.                          | Anggota 1    | (  ) |
| 4. Ahmad Zubair Sultan, S.T., M.T., P.hd       | Anggota 2    | (  ) |
| 5. Dr. Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., M.Eng. | Pembimbing 1 | (  ) |
| 6. Mukhtar, S.Pd., M.Eng.                      | Pembimbing 2 | (  ) |

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Subhanahu Wa ta'ala atas segala limpahan Rahmat berupa kesehatan, kekuatan, kelancaran, dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan judul “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke dengan Kontrol *Proportioal Integral Derivative* (PID) berbasis *Internet of Things* (IoT)”.

Penyusunan Skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan D-4 Program studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Skripsi ini disusun berdasarkan dengan proses dan hasil pengerjaan tugas akhir yang telah dilakukan kurang lebih selama 6 bulan lamanya.

Skripsi ini dapat kami susun dengan baik bukan hanya karena kerja keras dari penulis melainkan adanya bantuan dan saran-saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis karena tidak henti-hentinya memberikan kasih sayang dan perhatian serta doa yang selalu di panjatkan menjadi semangat bagi penulis untuk menyelesaikan jenjang pendidikan ini.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.



4. Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi S1 v Terapan Teknik Mekatronika.
5. Bapak Dr. Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., M.Eng. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktunya serta pikirannya untuk memberikan arahan dan masukan-masukan dalam pengerjaan alat dan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Mukhtar, S.Pd., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan arahan dan masukan dalam mengerjakan alat dan skripsi ini.
7. Bapak Imran Habriansyah, S.ST., M.T. selaku Dosen Prodi Mekatronika yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
8. Bapak Firman Hamzah, S.T., M.T. salah satu Dosen Prodi Mekatronika yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
9. Seluruh Dosen dan Tenaga Kependidikan Politeknik Negeri Ujung Pandang.
10. Teman-teman seperjuangan dari Teknik Mekatronika yang telah banyak membantu dan meluangkan waktu untuk membantu dan mendukung proses pengerjaan tugas akhir serta skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Untuk itu penulis mengharapkan adanya *feedback* baik berupa kritikan ataupun saran dari

pembaca sehingga menjadi bahan bagi penulis untuk menyempurnakan skripsi ini sehingga skripsi ini bisa bermanfaat bagi pembaca secara umum dan bagi penulis secara khusus.

Makassar, 23 Agustus 2023

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENERIMAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN/ATAU SINGKATAN SKRIPSI ..	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
SURAT PERNYATAAN .....	xv
SURAT PERNYATAAN .....	xvi
RINGKASAN .....	xvii
SUMMARY .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Ruang lingkup penelitian .....	3
1.4 Tujuan penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Penelitian terkait .....	5
2.1.1 Desain dan kontrol posisi dari ARM Manipulator robot .....	5
2.1.2 Alat bantu terapi pasca stroke .....	6
2.2 Rehabilitasi medik pasca stroke .....	7
2.3 Robot Rehabilitasi Stroke .....	10
2.3.1 Provider penyedia rehabilitasi .....	10
2.3.2 Wawancara dengan narasumber .....	12
2.4 Internet of Things .....	14
2.4.1 Cara kerja Internet of Things .....	15
2.4.2 Manfaat Internet of Things .....	16
2.5 Sistem kontrol Proportional Integral Derivatif .....	16
2.6 Hardware dan Software .....	19
2.6.1 Hardware .....	19
2.6.2 Software .....	27
2.7 Mekanisme lengan robot pada robot rehabilitasi lengan .....	28
2.7.1 Cantilever beam .....	28
2.7.2 Defleksi .....	30
2.8 Roodmap Pengembangan alat .....	30
BAB III METODE PENELITIAN .....	35
3.1 Tempat dan waktu penelitian .....	35
3.2 Alat dan bahan penelitian .....	35

3.3	Prosedur / Langkah kerja .....	36
3.4	Langkah-Langkah pengujian .....	44
3.5	Teknik Analisi data .....	45
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>46</b>
4.1	Hasil Penelitian dan Eksperimen .....	46
4.1.1	Hasil Perancangan Mekanik .....	46
4.1.2	Hasil perancangan elektronik .....	52
4.1.3	Hasil perancangan Informatika .....	54
4.1.4	Sistem kontrol .....	56
4.2	Pembahasan .....	57
4.2.1	Penerapan Sistem Kontrol Proportional Integral Derivatif .....	57
4.2.2	Perubahan sistem Internet of Things pada alat. ....	59
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>62</b>
5.1	Kesimpulan .....	62
5.2	Saran .....	62
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>63</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>68</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Upper Extremity Untuk Flexxi dan Extensi.....	12
Tabel 2 Upper Extrimity untuk Horizontal Adduksi dan Abduksi .....	12
Tabel 3 Selang waktu pola Pelatihan Pasien Stroke .....	13
Tabel 4 Tempo gerakan pelatihan .....	13
Tabel 5 Tempo pergerakan tiap nilai otot .....	14
Tabel 6 Spesifikasi Motor Linear.....	20
Tabel 7 Spesifikasi motor servo.....	21
Tabel 8 Spesifikasi Modul PCF8574 .....	22
Tabel 9 Spesifikasi Esp32 .....	22
Tabel 10 Sprsifikasi HC-SR04.....	25
Tabel 11 Roodmap Pengembangan Alat.....	31
Tabel 12 Daftar peralatan yang dibutuhkan.....	35
Tabel 13 Daftar Komponen yang dibutuhkan.....	36

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Desain ARM Manipulator Robot bagi pasca stroke.....	6
Gambar 2.2 Alat bantu terapi pasca stroke untuk tangan.....	7
Gambar 2.3 Penyebab Stroke .....	8
Gambar 2.4 Stroke Iskemik dan stroke Hemoragik .....	9
Gambar 2.5 Robot Fourier M2.....	11
Gambar 2.6 Robotik Armeo.....	11
Gambar 2.7 Blok Diagram kontrol PID .....	17
Gambar 2.8 Motor linear dan bagian dalam motor linear .....	20
Gambar 2.9 motor servo.....	21
Gambar 2.10 PCF8574.....	21
Gambar 2.11 Esp32.....	22
Gambar 2.12 Driver Motor BTS 7960 .....	24
Gambar 2.13 Liquid Cristal Display .....	24
Gambar 2.14 Sensor Ultrasonic .....	25
Gambar 2.15 Step-down LM 2596.....	26
Gambar 2.16 Keypad 4x4 .....	26
Gambar 2.17 Software Flutter.....	27
Gambar 2.18 Arduino IDE.....	28
Gambar 2.19 Balok akibatbeban terbagi merata .....	29
Gambar 3.20 Flowchart sistem perancangan / prosedur langkah kerja .....	38
Gambar 3.21 Skema Rangkaian Elektroik robot rehabilitasi lengan .....	39
Gambar 3.22 Rancangan mekanik robot rehabilitasi lengan .....	39

Gambar 3.23 Bagian-bagian motor linear .....	40
Gambar 3.24 Transmisi Roda gigi Lurus .....	41
Gambar 3.25 Diagram Alir Sistem Pergerakan robot rehabilitasi lengan.....	43
Gambar 4.26 Hasil Perancangan Mekanik.....	46
Gambar 4.27 Actuator pada robot.....	47
Gambar 4.28 Rangkaian Elektronik pada panel Box.....	52
Gambar 4.29 Wiring sistem Elektronik .....	53
Gambar 4.30 Tampilan Aplikasi.....	54
Gambar 4.31 Sistem pengontrolan alat .....	56
Gambar 4.32 Kontrol PI gerakan Elbow.....	57
Gambar 4.33 Grafik PI gerakan Sholder.....	58
Gambar 4.34 Tampilan laman Registrasi.....	59
Gambar 4.35 Tampilan Could Firestore.....	59
Gambar 4.36 Tampilan laman pengisian data pasien.....	60
Gambar 4.37 Tampilan database.....	60
Gambar 4.38 Tampilan sistem informasi serial monitor.....	61
Gambar 4.39 Tampilan Sistem informasi Pada LCD.....	61



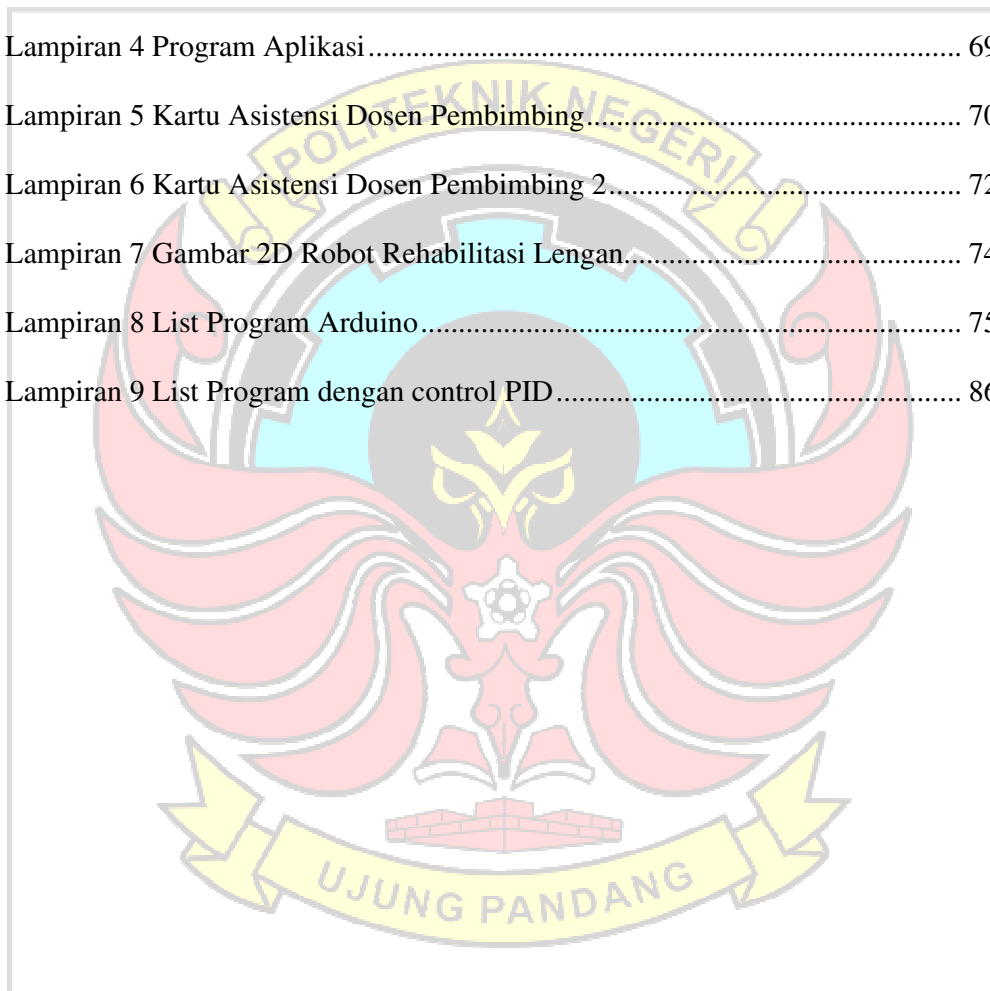
## DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN / ATAU SINGKATAN SKRIPSI

SIMBOL	SATUAN	KETERANGAN
m	kg	Massa
g	$m/s^2$	Percepatan Gravitasi
l	m	Panjang
Q	N/m	Beban Per Satuan Panjang
q	kg/m	Massa Per Satuan Panjang
E	$N/m^2$	Modulus Elastisitas Material
I	$kgm^2$	Inersia Penampang Material



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengerjaan mekanik .....	68
Lampiran 2 Hasil perakitan Sistem Elektronik .....	68
Lampiran 3 Pengujian Program .....	69
Lampiran 4 Program Aplikasi .....	69
Lampiran 5 Kartu Asistensi Dosen Pembimbing .....	70
Lampiran 6 Kartu Asistensi Dosen Pembimbing 2 .....	72
Lampiran 7 Gambar 2D Robot Rehabilitasi Lengan .....	74
Lampiran 8 List Program Arduino .....	75
Lampiran 9 List Program dengan control PID .....	86



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Ahmad Rival Fahrudin

Nim : 444 19 027

menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Robot Rehabilitasi lengan Dengan Kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) Berbasis Internet of Things” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 23 Agustus 2023

Hormat sya,



Ahmad Rival Fahrudin  
NIM : 444 19 027

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Andi Awal Muhajir

Nim : 444 19 031

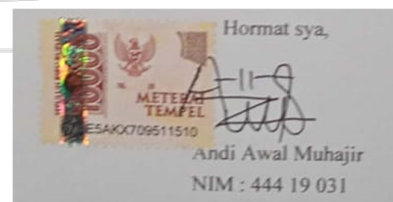
menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Pengembangan Robot Rehabilitasi lengan Dengan Kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) Berbasis Internet of Things” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 23 Agustus 2023

Hormat sya,



Andi Awal Muhajir

NIM : 444 19 031

**PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI LENGAN DENGAN  
KONTROL PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE BERBASIS  
INTERNET OF THINGS**

**RINGKASAN**

Pada perkembangan teknologi dan informasi yang semakin maju seperti sekarang ini membuat semua benda sangat otomatis dan meringankan beban manusia seperti halnya fungsi teknologi robot yang digunakan dalam dunia medis khususnya pada penderita stroke yaitu untuk menjalani terapi baik itu di rumah sakit ataupun di rumah sendiri.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat dan menerapkan kontrol *Proportional Integral Derivative* pada robot rehabilitasi lengan dan membuat sistem *Internet of Things* yang lebih mudah dalam digunakan oleh pengguna dalam mengoperasikan alat. Sehubungan dengan itu, penelitian ini diawali dengan melakukan riset dan studi literatur, membuat desain, pembuatan dan pengerjaan alat yang dilakukan dengan merancang rangka, memasang komponen elektronik dan pembuatan program, uji coba alat atau *Try and error*. Pengambilan data dilakukan dengan melakukan pengujian dengan cara mengoperasikan alat dan mengambil semua data-data yang diperlukan untuk menjadi bahan penyusunan hasil akhir dari alat ini.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa dengan menerapkan kontrol Proportional Integral derivative (PID) pergerakan robot rehabilitasi lengan lebih cepat stabil saat dioperasikan. Bahkan, perancangan ulang sistem Internet of Things membuat tampilannya lebih menarik dan mempermudah pengoperasian robot rehabilitasi lengan..

**DEVELOPMENT OF ARM REHABILITATION ROBOT WITH  
PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE CONTROL BASED ON  
INTERNET OF THINGS**

**SUMMARY**

In the development of technology and information that is increasingly advanced as it is today, making all objects very automatic and lightening the burden on humans as well as the function of robot technology used in the medical world, especially in stroke patients, namely to undergo therapy either in the hospital or at home.

This research was conducted with the aim of creating and implementing Proportional Integral Derivative control in arm rehabilitation robots and making Internet of Things systems easier for users to use in operating tools. In connection with that, this research is initiated by conducting research and literature studies, making designs, manufacture and work on tools carried out by designing frames, installing electronic components and making programs, tool trials or Try and error. Data collection is carried out by testing by operating the tool and taking all the data needed to be material for the preparation of the final results of this tool.

Based on the results of the research and discussion, it can be concluded that by implementing Proportional Integral Derivative (PID) control, the movement of the arm rehabilitation robot is more stable when operated. In fact, the redesign of the Internet of Things system makes the appearance more attractive and makes it easier to organize the arm rehabilitation robot.

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada perkembangan teknologi dan informasi yang semakin maju seperti sekarang ini membuat semua benda sangat otomatis dan meringankan beban manusia seperti halnya fungsi teknologi robot yang digunakan dalam dunia medis khususnya pada penderita stroke yaitu untuk menjalani terapi baik itu di rumah sakit ataupun di rumah sendiri.

Salah satu masalah kesehatan yang sering terjadi pada masa kini ialah stroke. Stroke merupakan kondisi ketika pasokan darah ke otak terganggu karena penyumbatan (stroke iskemik) atau pecahnya pembuluh darah (stroke hemoragik). kondisi ini menyebabkan area tertentu pada otak tidak mendapat suplai oksigen dan nutrisi sehingga terjadi kematian sel-sel otak. Penyakit stroke masih bisa di obati tergantung dari kondisi pasien secara menyeluruh dengan cara menggunakan obat-obatan. Sedangkan untuk memulihkan kondisi pasien dianjurkan untuk untuk menjalani terapi atau fisioterapi dimana fisioterapi bisa dilakukan sendiri atau menggunakan robot.

Seiring berkembangnya teknologi di dunia ini, banyak sekali industri yang mengembangkan robot berdasarkan kontribusinya di bidang-bidang tertentu, terutama bidang kesehatan dan teknologi. Terapi stroke dilakukan dengan bantuan robot untuk menggerakkan bagian tubuh pasien penderita stroke. Karena tingginya biaya pengadaan robot rehabilitasi maka saat ini penggunaan robot untuk

rehabilitasi hanya dapat kita ditemui di rumah sakit mewah ataupun di pusat rehabilitasi saja.

Robot rehabilitasi yang dikembangkan oleh berbagai perusahaan kesehatan dan teknologi tentunya mempunyai sistem yang beragam. keberagaman sistem di tiap perusahaan tentunya mempunyai sistem pengoprasian yang berbeda pula dengan kelebihan dan kekurangan masing-masing, dan juga akan mempengaruhi harga dari robot tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini akan berusaha mengidentifikasi peluang desain dengan sistem rehabilitasi berbasis teknologi yang terjangkau (*low-cost*) untuk penderita stroke.

Pada pengembangan sebelumnya yaitu “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke Berbasis *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things*”. *Artificial Intelligence* ditambahkan dengan tujuan untuk membuat alat ini dapat bekerja secara otomatis. Sistem manual juga tetap digunakan untuk mengantisipasi kendala yang tidak diprediksi, serta memperhatikan beberapa aktuator, yaitu sistem adduksi vertikal yang menggunakan motor linear agar pergerakan lebih stabil, dan gerakan adduksi horizontal dengan memperhatikan sistem transmisi gear yang lebih baik sehingga tidak membebankan gerakan motor. (Pailan et al. 2022)

Pada pengembangan selanjutnya yaitu “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke dengan kontrol *Proportional Integral derivattive* (PID) berbasis *Internet of Things* (IoT), penulis akan menambahkan kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) sehingga pergerakan actuator akan lebih



akurat dan penulis juga akan mengubah sistem IoT pada Robot Rehabilitasi lengan bagian interface agar lebih memudahkan pengguna dalam mengoperasikan alat.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan sistem kontrol *Proporsional Integral Derivative* pada robot Rehabilitasi Lengan?
2. Bagaimana mengubah sistem IoT pada robot rehabilitasi lengan agar lebih memudahkan user dalam mengoperasikan alat?

## 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian kami yaitu :

1. Membuat robot rehabilitasi lengan untuk melatih pergerakan lengan pasien pasca stroke.
2. Pergerakan robot rehabilitasi lengan lebih terkontrol dan stabil saat dioperasikan.
3. Membuat dan merancang ulang sistem *Internet of Things* (IoT) pada robot rehabilitasi lengan.
4. Gerakan yang dihasilkan oleh robot 3DOF, yaitu 1DOF untuk gerak fleksi (menekukkan tangan) dan gerak ekstensi (meluruskan tangan) pada siku, 2DOF untuk gerak adduksi (mendekati tubuh) dan gerak abduksi (menjauhi tubuh) pada tangan yaitu merenggangkan tangan kedepan dan kesamping serta keatas dan kebawah.

5. Pembuatan robot rehabilitasi lengan ditujukan untuk pasien pasca Stroke bagian Lengan.
6. Perancangan aplikasi android dibatasi untuk pergerakan aktuator, perekaman jejak kegiatan alat, dan penentuan gerakan rehabilitasi oleh dokter berdasarkan kondisi pasien.
7. Pengontrolan robot rehabilitasi lengan dilakukan melalui smartphone, dan pengaktifan alat dilakukan secara manual melalui tombol yang tersedia pada alat.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian kami yaitu :

1. Menerapkan sistem kontrol *Proportional Integral Derivative* pada robot Rehabilitasi Lengan.
2. Mengubah sistem IoT pada robot rehabilitasi lengan agar lebih memudahkan user dalam mengoperasikan alat.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat yang dapat didapatkan pada penelitian ini yaitu :

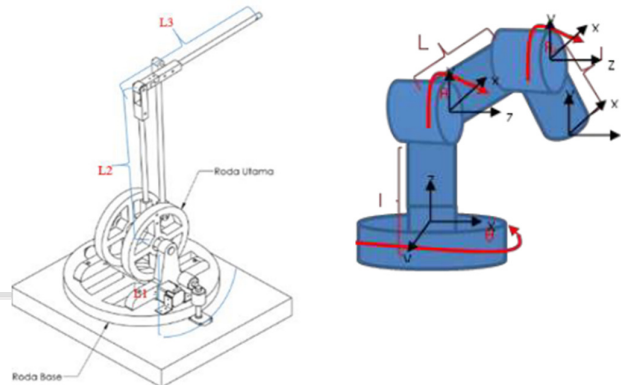
1. Mengembangkan dan menambah pengetahuan dibidang Mekatronika dan Fisioterapi.
2. Mempermudah Ahli fisioterapi dalam menangani pasien di masa penyembuhan.
3. Membuat robot rehabilitasi lengan dengan harga yang lebih murah

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terkait

#### 2.1.1 Desain dan Kontrol Posisi dari Arm Manipulator Robot

Berdasarkan judul penelitian Desain dan Kontrol Posisi dari Arm Manipulator Robot Sebagai Alat Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke oleh Muhammad Hablul, dkk, dapat disimpulkan bahwa dari beberapa pengujian yang telah dilakukan menggunakan metode sistem kontrol PID, robot mampu mengikuti trayektori stengah lingkaran dan setengah persegi dengan rentang 0.5 meter dan ketinggian 0.2 meter. Dengan menggunakan trayektori setengah lingkaran, waktu yang dibutuhkan adalah selama 16 s. Sedangkan waktu yang dibutuhkan robot untuk menyelesaikan trayektori setengah persegi adalah 18 s. Hal ini dikarenakan pada trayektori setengah lingkaran set point dari kontroller terus berubah-ubah sehingga membuat kontroller memerlukan waktu yang lebih lama untuk menyelesaikan trayektori. Kemudian dengan mengubah gain kontrollernya didapatkan waktu yang lebih cepat yaitu dari 16 s menjadi 0.8 s pada setengah lingkaran dan dari 18 s menjadi 0.9 s. Tetapi dengan penambahan gain ini berakibat terjadinya proportional kick, terlebih pada taryektori setengah persegi. Dari beberapa percobaan yang pernah dilakukan, waktu ketika robot dari posisi default ke posisi trayektori perlu dilakukan skema pengontrolan khusus. Karena pada waktu ini, robot bergerak dengan torsi maksimal untuk mencapai trayektorinya dalam waktu yang singkat.(Barri et al., 2017)



Gambar 2.1 Desain ARM Manipulator Robot bagi pasca stroke

### 2.1.2 Alat bantu terapi pasca stroke untuk tangan

Alat Bantu Terapi Pasca Stroke untuk Tangan adalah sebuah alat yang dirancang untuk memudahkan kepada pasien penderita stroke dalam melakukan terapi mandiri, sehingga dapat mengurangi tingkat disabilitas pasca stroke. Dengan ketersediaan waktu yang tidak memadai untuk melakukan terapi di rumah sakit, pasien penderita stroke maupun keluarga pasien, kesulitan untuk menemukan jadwal terapi yang tersedia. Hal ini membuat keluarga sulit untuk menemukan jadwal untuk melakukan terapi di rumah sakit. Dengan alasan itulah dibuat sebuah Alat Bantu Terapi Pasca Stroke untuk Tangan yang dapat digunakan sebagai salah satu alat bantu dalam proses pemulihan pasca stroke yang dapat digunakan saat berada di rumah. Alat Bantu Pasca Stroke untuk Tangan ini dikontrol menggunakan mikrokontroler

berbasis Mikrokontroler Arduino UNO dengan menggunakan motor DC sebagai penggeraknya untuk menahan beban tangan pasien. Alat ini dapat melakukan 4 (empat) mode pergerakan rehabilitasi, yaitu mode satu; gerakan siku ke kiri dan ke kanan, mode dua; gerakan siku ke atas dan ke bawah, mode

tiga; lengan keatas dan kebawah, dan mode empat; gabungan dari semua mode dengan kecepatan yang aman bagi pasien pasca stroke. Tersedia mode pengaturan kecepatan pada alat, agar pengguna dapat mengatur kecepatan alat sesuai dengan kapasitasnya. Serta, pergerakan pada alat ini dapat memberikan kemudahan dan mengurangi resiko disabilitas.(Syareza et al. 2018)



Gambar 2.2 Alat bantu terapi pasca stroke untuk tangan

## 2.2 Rehabilitasi Medik Pasca Stroke

Stroke adalah penyakit gangguan fungsional otak fokal maupun general secara akut, lebih dari 24 jam kecuali pada intervensi bedah atau meninggal, berasal dari gangguan sirkulasi serebral.(Riyadina et al 2013)

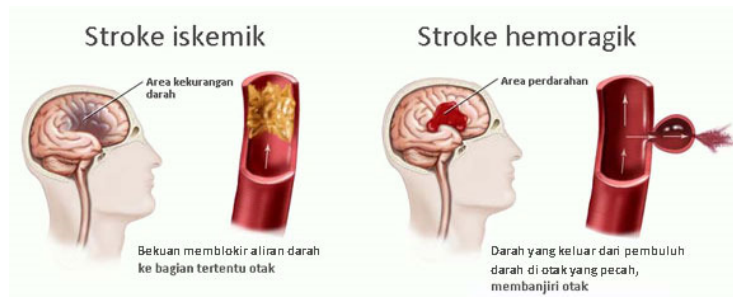
Stroke menurut World Health Organization(WHO, 2005) adalah tanda klinis yang berkembang cepat akibat gangguan fungsi otak fokal (atau global), dengan gejala yang berlangsung selama 24 jam atau lebih, dapat menyebabkan kematian, tanpa adanya penyebab lain selain vaskuler.(Wardhani et al 2014)

Stroke merupakan masalah kesehatan yang utama bagi masyarakat modern saat ini. Menurut WHO (World Health Organization) tahun 2012, kematian akibat stroke sebesar 51% di seluruh dunia disebabkan oleh tekanan darah tinggi. Selain itu, diperkirakan sebesar 16% kematian stroke disebabkan tingginya kadar glukosa darah dalam tubuh. Kadar glukosa darah yang tinggi pada saat stroke akan memperbesar kemungkinan meluasnya area infark karena terbentuknya asam laktat akibat metabolisme glukosa secara anaerobik yang merusak jaringan otak. (Gaghauna et al, 2020)



Gambar 2.3 Penyebab Stroke  
(Sumber : Renae Stamp, 2019)

Berdasarkan penyebabnya, stroke dibagi menjadi dua jenis yaitu Stroke Iskemik dan Stroke Hemoragik. Stroke Iskemik atau disebut juga dengan Iskemia terjadi ketika pembuluh darah arteri yang membawa darah dan oksigen ke otak mengalami penyempitan sehingga menyebabkan aliran darah ke otak sangat berkurang. Stroke Iskemik dibagi jadi 2 jenis yaitu stroke trombotik dan stroke embolik. Sedangkan, stroke Hemoragik terjadi ketika pembuluh darah di otak pecah sehingga menyebabkan perdarahan. Perdarahan di otak dapat dipicu oleh beberapa kondisi yang memengaruhi pembuluh darah. Stroke Hemoragik terbagi lagi menjadi dua jenis, yaitu perdarahan intraserebral dan subarachnoid.



Gambar 2.4 Stroke *Iskemik* dan stroke *Hemoragik*  
(Sumber : Efran Syah, 2014)

Menurut WHO, Rehabilitasi Medik adalah ilmu pengetahuan kedokteran yang mempelajari masalah atau semua tindakan yang ditujukan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak keadaan sakit, nyeri, cacat dan atau halangan serta meningkatkan kemampuan pasien mencapai integrasi sosial. Menurut Depkes, rehabilitasi adalah proses pemulihan untuk memperoleh fungsi penyesuaian diri secara maksimal atau usaha mempersiapkan penderita cacat secara fisik, mental, sosial dan kekaryaan untuk suatu kehidupan yang penuh sesuai dengan kemampuan yang ada padanya. (Klinik and Medik 2013)

Pelayanan rehabilitasi medik merupakan pelayanan kesehatan terhadap gangguan fisik dan fungsi yang diakibatkan oleh keadaan/kondisi sakit penyakit, atau cedera melalui paduan intervensi medik, terapi fisik, dan rehabilitatif untuk mencapai kemampuan fisik yang optimal. (Depkes 2008)

Tujuan utama rehabilitasi adalah membantu penca mencapai kemandirian optimal secara fisik, mental, sosial, vokasional, dan ekonomi sesuai dengan kemampuannya. Adapun tujuan rehabilitasi medik yang dikutip dari jurnal (Klinik and Medik 2013) adalah :

- a. Mengatasi keadaan/kondisi sakit melalui paduan intervensi medic, keterampilan fisik, keteknisian medic dan tenaga lain yang terkait.
- b. Mencegah komplikasi akibat tirah baring dan atau dampak penyakitnya yang mungkin membawa kecacatan.
- c. Memaksimalkan kemampuan fungsi, meningkatkan aktifitas dan partisipasi pada difabel.
- d. Mempertahankan kualitas hidup dan mengupayakan kehidupan yang berkualitas.

### **2.3 Robot rehabilitasi Stroke**

#### **2.3.1 Provider penyedia robot rehabilitasi**

Salah satu provider penyedia layanan robot rehabilitasi di Indonesia adalah Klinik Wijaya. Klinik Wijaya memiliki 4 robot rehabilitasi, namun penulis mengambil informasi mengenai robot rehabilitasi yang melatih lengan. Ada 2 robot yang melatih lengan pasien, yaitu Robotik Fourier M2 dan Robotik Armeo. Robotik Fourier M2 berfungsi untuk melatih gerakan bahu, lengan atas dan lengan bawah. Alat ini juga menggunakan permainan untuk menstimulasi gerakan masing-masing sendi di bahu, siku dan sebagian gerakan pergelangan tangan.





Gambar 2.5 Robot Fourier M2  
(Sumber : Klinik Wijaya, 2000)

Untuk pemulihan fungsi bagian lengan atas pasca stroke dapat dilakukan dengan Robotik Armeo. Dengan Robot Armeo ini, pasien dapat mengembalikan koordinasi koordinat otak dan otot lengan atas. latihan dilengkapi dengan games yang menarik sehingga pasien tidak akan merasa jenuh dan bosan selama menjalani latihan.



Gambar 2.6 Robotik Armeo  
(Sumber : Klinik Wijaya, 2000)

### 2.3.2 Wawancara dengan narasumber

Dari hasil wawancara yang dilakukan Abdul Rahmat dan Muhammad Syahid Iswal pada tahun 2016 dengan Dr. Husnul Mubarak, Sp.KFR salah satu Dokter Ahli Fisioterapi di Rumah Sakit Universitas Hasanuddin Makassar mengenai pelatihan stroke untuk lengan, maka diperoleh Upper Extremity sebagai studi penelitian yang di kutip dari Jurnal (Pailan et al. 2022) sebagai berikut.

Tabel 1 *Upper Extremity* Untuk *Flexi* dan *Extensi*

Upper Extremity	
Shoulder	Elbow
Flexion 0° – 120°	Extension 0°
Extension 0° – 45°	Flexion 0° – 120°

Tabel 2 *Upper Extrimity* untuk Horizontal *Adduksi* dan *Abduksi*

Upper Extremity Horizontal	
Shoulder	Elbow
Full Adduksi 80°	Abduksi 100°

Pelatihan yang dilakukan pula juga harus menurut pola standar kesehatan. Menurut Jabarullah Yusuf, salah satu Ahli Fisioterapis lulusan Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar, pola latihan yang baik adalah pergerakan yang dilakukan sebanyak 16 kali. Dimana setelah 8 kali gerakan pertama, pasien diberikan istirahat selama 15 detik, kemudian dilanjut 8 kali keduanya, sehingga pelatihan terbagi menjadi 2 set. Setiap pelatihan pula

terdapat 2 jenis gerakan yang dilakukan, yaitu gerakan abduksi dan adduksi (untuk gerakan horizontal dan vertikal) dan fleksi ekstensi. Untuk jeda waktu setiap pelatihan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut yang dikutip dari jurnal (Pailan et al. 2022).

Tabel 3 Selang waktu pola Pelatihan Pasien Stroke

Selang Waktu Pola Pelatihan Pasien Stroke		
Tempo Cepat	Tempo Sedang	Tempo Lambat
2 Detik Setelah 1 Jenis gerakan	4 Detik Setelah 1 Jenis Gerakan	6 Detik Setelah 1 Jenis Gerakan

Pelatihan atau terapi yang dilakukan harus tetap memperhatikan kondisi pasien stroke. Menurut Andi Miftahul Jannah, salah satu Ahli Fisioterapi lulusan Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar yang bekerja di Rumah Sakit Otak dan Jantung Pertamina Makassar. Penentuan tempo gerakan dilakukan sesuai dengan kondisi dari pasien. Untuk tempo gerakan pelatihan sama dengan waktu jeda setiap gerakan pelatihan yang dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 Tempo gerakan pelatihan

Tempo gerakan pelatihan pasien stroke		
Tempo Cepat	Tempo Sedang	Tempo Lambat
2-3 Detik 1 Jenis gerakan	4-5 Detik 1 Jenis Gerakan	6-8 Detik 1 Jenis Gerakan

Selain kondisi pasien, yang harus juga diperhatikan dalam penentuan tempo gerakan yaitu nilai otot. Adapun nilai otot dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Tempo pergerakan tiap nilai otot

<b>Nilai Otot</b>	<b>Kondisi Lengan</b>	<b>Tempo Gerakan</b>
0	Belum ada gerakan	Cepat, Lambat
1	Ada kontraksi, Tidak ada gerakan	Lambat
2	Ada kontraksi, ada gerakan tapi belum bisa menahan gaya gravitasi	Sedang
3	Ada kontraksi, ada gerakan tapi kekuatan otot lemah dan mampu melawan gaya gravitasi	Sedang
4	Ada kontraksi, Ada gerakan tapi belum sepenuhnya	Cepat
5	Normal	Cepat

#### 2.4 Internet of Things

Internet of Things, atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang terhubung secara terus-menerus. Kemampuan seperti berbagi data, remote control, dan sebagainya, termasuk juga pada benda di dunia nyata. Bahan pangan, elektronik, koleksi, peralatan apa saja, termasuk benda hidup yang terhubung ke jaringan lokal dan global melalui sensor yang tertanam dan selalu aktif. Pada aktual, Internet of Things mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis Internet. Istilah Internet of Things berdasarkan permintaan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999 dan mulai terkenal melalui Auto-ID Center di MIT.

Casagras (Koordinasi dan aksi dukungan untuk aktivitas dan standarisasi global terkait RFID) mendefinisikan Internet of Things, sebagai sebuah

infrastruktur jaringan global, yang menghubungkan benda-benda fisik dan virtual melalui eksploitasi data capture dan kemampuan komunikasi. Infrastruktur terdiri dari jaringan yang telah ada dan internet berikut pengembangan jaringannya. Semua ini akan menawarkan layanan, sensor dan kemampuan koneksi sebagai dasar untuk pengembangan layanan dan aplikasi kooperatif yang independen. Ia juga berhubungan dengan tingkat otonom data capture yang tinggi, transfer acara, konektivitas jaringan dan interoperabilitas.

SAP (Systeme, Anwendungen und Produkte) mendefinisikannya sebagai berikut: Dunia di mana benda-benda fisik yang diintegrasikan ke dalam jaringan informasi secara berkesinambungan, dan di mana benda-benda fisik tersebut berperan aktif dalam proses bisnis. Layanan yang tersedia dengan obyek pintar melalui Internet, mencari dan mengubah status mereka sesuai dengan setiap informasi yang peduli, disamping memperhatikan masalah privasi dan keamanan.

#### 2.4.1 Cara Kerja Internet of Things

IoT bekerja dengan memanfaatkan suatu argumentasi pemrograman, dimana tiap-tiap perintah argumen tersebut bisa menghasilkan suatu interaksi antar mesin yang telah terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tanpa terbatas jarak berapapun jauhnya. Jadi, Internet di sini menjadi penghubung antara kedua interaksi mesin tersebut. Manusia dalam

IoT tugasnya hanyalah menjadi pengatur dan pengawas dari mesin-mesin yang bekerja secara langsung tersebut.

## 2.4.2 Manfaat Internet of Things

Beberapa manfaat IoT mungkin tidak terlalu kelihatan, tetapi bukan berarti tidak bisa dirasakan. Adapun manfaat dari IoT sendiri antara lain sebagai berikut:

### a. Konektivitas

Dengan adanya teknologi *IoT*, beberapa alat bisa digunakan untuk mengoprasikan banyak hal dari satu perangkat, misalnya *Smartphone*.

### b. Efisiensi

Dengan adanya peningkatan Konektivitas, berarti terdapat penurunan jumlah waktu yang biasanya dihabiskan untuk melakukan tugas yang sama. Misalnya, asisten suara seperti Apple's Homepod atau Amazon's Alexa dapat memberikan jawaban atas pertanyaan tanpa perlu mengangkat telepon atau menghidupkan komputer.

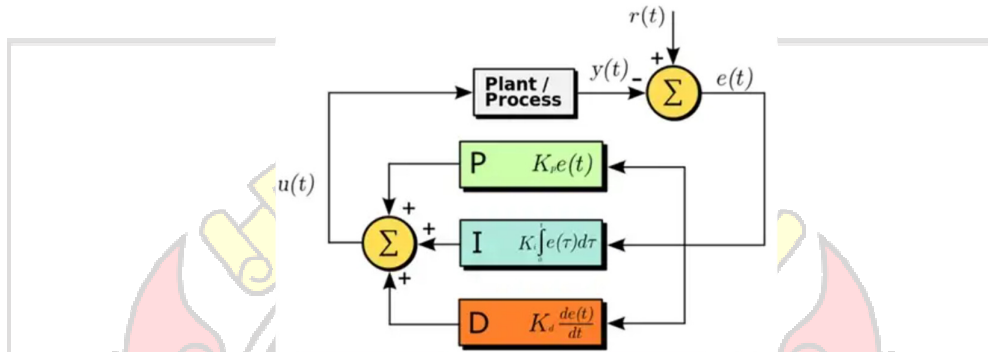
### c. Kemudahan

Perangkat IoT seperti Smartphone kini mulai menjadi perangkat yang bisa dimiliki oleh sebagian besar orang. Ini dikarenakan dengan kemudahan yang ditawarkan oleh IoT dimana pengguna dapat mengontrol suatu sistem dimana saja dan kapan saja.

## 2.5 Sistem Kontrol Proportional Integral Derivatif (PID)

PID (Proportional Integral Derivative controller) merupakan kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik pada sistem tersebut. Pengontrol PID adalah pengontrol konvensional yang banyak dipakai dalam dunia industri. Pengontrol PID akan memberikan aksi kepada

Control Valve berdasarkan besar error yang diperoleh. Control valve akan menjadi aktuator yang mengatur aliran fluida dalam proses industri yang terjadi Level air yang diinginkan disebut dengan Set Point. Error adalah perbedaan dari Set Point dengan level air aktual.



Gambar 2.7 Blok Diagram kontrol PID  
(Sumber : Imelda Zahra Tungga Dewi, 2020)

Adapun Persamaan pengontrolan PID sebagai berikut :

$$mv(t) = K_p \left( e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

1.  $mv(t)$  = output dari pengontrol PID atau *Manipulated Variable*
2.  $K_p$  = Konstanta Proporsional
3.  $T_i$  = Konstanta Integral
4.  $T_d$  = Konstanta Derivatif

Persamaan pengontrolan PID di atas dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$mv(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

$$K_i = K_p \times \frac{1}{T_i} \text{ dan } K_d = K_p \times T_d$$

Kontrol PID terbagi jadi 3 yaitu *Proportional, Integral, dan Derivatif*, dimana ketiga kontrol ini dapat bekerja sendiri-sendiri maupun bekerja secara bersamaan sebagai berikut.

a. Proportional

$$P = K_p e(t) \dots\dots\dots(2.3)$$

Penggunaan kontrol P memiliki berbagai keterbatasan karena sifat kontrol yang tidak dinamik ini. Walaupun demikian dalam aplikasi-aplikasi dasar yang sederhana kontrol P ini cukup mampu untuk memperbaiki respon transien khususnya rise time dan settling time. Pengontrol proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya).

b. Integral

$$I = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \dots\dots\dots(2.4)$$

Pengontrol Integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan nol (Error Steady State = 0 ). Jika sebuah pengontrol tidak memiliki unsur integrator, pengontrol proporsional tidak mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan nol.

Keluaran pengontrol ini merupakan hasil penjumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Sinyal keluaran pengontrol integral merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan / error.

c. Derivatif

$$D = K_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots(2.5)$$



Keluaran pengontrol diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi *step*), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi *ramp*), keluarannya justru merupakan fungsi *step* yang besar magnitudenya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi *ramp* dan factor konstanta  $K_d$ .

## 2.6 Hardware dan Software

Adapun daftar Hardware dan Software yang digunakan dalam pembuatan robot rehabilitasi lengan sebagai berikut:

### 2.6.1 Hardware

Berikut merupakan Hardware yang digunakan dalam pembuatan robot rehabilitasi lengan sebagai berikut.

#### a. Motor Linear

Aktuator linear listrik atau motor linear adalah perangkat yang mengubah gerakan rotasi motor menjadi gerakan linear atau gerakan satu garis lurus. Gerakan ini mengakibatkan terjadinya gerakan dorongan atau tarikan melalui poros perpanjangan utama yang berada pada aktuator.



Motor linear

Bagian dalam motor linear

Gambar 2.8 Motor linear dan bagian dalam motor linear  
(Sumber : Universitas STEKOM )

Tabel 6 Spesifikasi Motor Linear

Spesifikasi Motor Linear	
Model	BHTGA-50-12-5
Stroke	150 mm
Drive voltage	12 V
Speed	5 mm/s
Maximum Thrust	90 kg / 900 N
Tipe Duty	10%

b. Motor servo

Motor servo adalah motor dengan sistem umpan balik tertutup dimana posisi motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di motor servo. Motor ini terdiri dari motor DC, serangkaian roda gigi, potensiometer, dan sirkuit kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut rotasi servo. Sedangkan sudut sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal kabel motor.



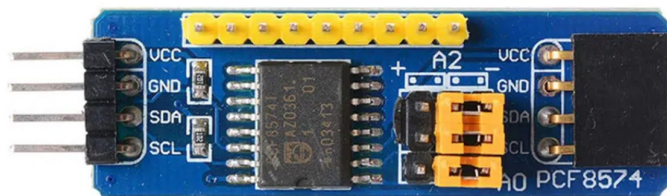
Gambar 2.9 motor servo  
(Sumber :Micro Robotic, 2021)

Tabel 7 Spesifikasi motor servo

Spesifikasi Motor Servo	
Torque	35.2kg.cm
Speed	0.12sec/60 degree
Supply voltage	5-8.4V
PWM Voltage	3.3-5V
Idle Current	50mA
Stall Current	2.6A
Spline type	25T
Weight	60g

c. Modul PCF8574

Modul PCF8574 merupakan modul yang digunakan untuk menampah pin mikrokontroler atau mengekspansi I/O pada berbagai macam jenis mikrokontroler melalui 2 jalur bidirectional I2C Bus pada modul tersebut.



Gambar 2.10 PCF8574  
(Sumber : Texas Instruments, 2016 )

Tabel 8 Spesifikasi Modul PCF8574

Spesifikasi PCF8574	
Tegangan minimal	2.5 V
Tegangan maksimal	6 V
Fitur	Interrupt Pin
Frekuensi maksimal	40 – 85 celcius
Dimensi	19.3mm x 9.4 mm

d. ESP32

ESP32 adalah modul mikrokontroler terintegrasi yang memiliki fitur lengkap dan kinerja tinggi. Modul ini merupakan pengembangan dari ESP8266, yang merupakan modul WiFi populer.

ESP32 memiliki dua prosesor komputasi, satu prosesor untuk mengelola jaringan WiFi dan Bluetooth, serta satu prosesor lainnya untuk menjalankan aplikasi. Dilengkapi dengan memori RAM yang cukup besar untuk menyimpan data.



Gambar 2.11 Esp32  
(Sumber : Muhammad Iqbal , 2022)

Tabel 9 Spesifikasi Esp32

Spesifikasi ESP 32	
Mikrokontroler	Esp 32
Tegangan Input	5V
Tegangan Operasi	5V
ADC pin	18 pin
DAC pin	2 pin
SRAM	320 lkb

Lanjutan Tabel 9

Flash Memory	128 kb
Clock Speed	240 Mhz
berat	25 gr
Dimensi	58,6 x 29 mm
USB Port	Micro USB
Komunikasi	Wifi, Bluetooth, I2C, SPI, Serial.

e. Driver Motor

BTS 7960 adalah modul jembatan H arus tinggi terintegrasi penuh untuk aplikasi penggerak motor. Antarmuka ke mikrokontroler dipermudah oleh IC driver terintegrasi yang menampilkan input level logika, diagnosis dengan sensor arus, penyesuaian laju perubahan tegangan, pembangkitan waktu mati, dan perlindungan terhadap suhu berlebih, tegangan berlebih, tegangan kurang, arus berlebih, dan korsleting. BTS7960 memberikan solusi biaya optimal untuk penggerak motor PWM arus tinggi terlindung dengan konsumsi ruang papan yang sangat rendah.

Driver yang digunakan adalah driver dengan input arus 12V DC, berfungsi sebagai pembalik arah putaran motor DC sekaligus mengatur kecepatan putaran motor DC. Dimana polaritas input tegangan motor DC dibalik melalui IC yang terdapat pada papan kontrol driver tersebut dengan bantuan kontroler MEGA2560.



Gambar 2.12 Driver Motor BTS 7960  
(Sumber : Mohannad Rawashdeh, 2023)

f. Liquid Cristal Display (LCD)

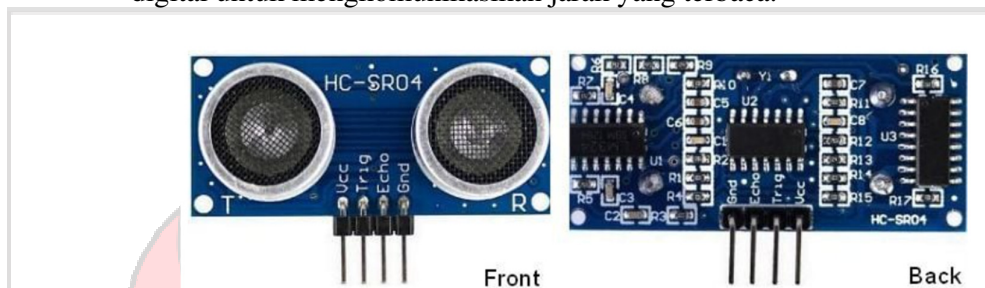
LCD adalah media tampilan yang paling mudah untuk ditonton karena menghasilkan tampilan karakter yang baik dan cukup banyak. Pada  $20 \times 4$  LCD 80 karakter dapat ditampilkan, 20 karakter di setiap baris sebanyak 4 baris.  $20 \times 4$  LCD umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrol, tentu saja akan sangat boros ketika menggunakan 16 pin ini. Oleh karena itu, driver khusus digunakan sehingga LCD dapat dikontrol dengan jalur I2C. melalui I2C, LCD dapat dikontrol hanya menggunakan 2 pin, yaitu SDA dan SCL.



Gambar 2.13 Liquid Cristal Display  
(Sumber : [sinauprogramming.com](http://sinauprogramming.com), 2020)

g. Sensor Ultrasonik HCSR04

Sensor ultrasonik tipe HC-SR04 merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur jarak dari suatu objek. Kisaran jarak yang dapat diukur sekitar 2-400 cm. Perangkat ini menggunakan dua pin digital untuk mengkomunikasikan jarak yang terbaca.



Gambar 2.14 Sensor Ultrasonic

Tabel 10 Spesifikasi HC-SR04

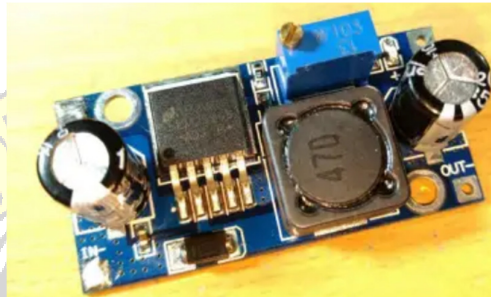
<b>Spesifikasi HC-SR04</b>	
Mikrokontroler	HC-SR04
Tegangan kerja	5V
Arus Kerja	15 mA
Jangkauan minimal	2 cm
Jangkauan maksimal	4 m
Sudut pengukuran	15 derajat
Resolusi	1 cm
Frekuensi Ultrasonik	40 kHz
Dimensi	45 x 20 x 15 mm
Sinyal pemicu	TTL 10 us

h. *Step-down*

Fungsi step down adalah mengubah tegangan tinggi dengan arus rendah menjadi tegangan rendah dengan arus tinggi. Fungsi utama step down adalah menurunkan tegangan listrik dan menyesuaikannya dengan kebutuhan elektronika.



Daya pada transformator diukur menggunakan produk dari tegangan dan arus. Daya pada transformator dinilai dalam Volt - Amps VA. Idealnya, daya pada setiap transformator adalah konstan, yaitu daya yang tersedia pada sekunder transformator sama dengan daya pada primer transformator.



Gambar 2.15 Step-down LM 2596  
(Sumber :Arjunaldi, 2017)

i. Keypad

Keypad merupakan antarmuka antara komunikasi perangkat elektronik dengan manusia yang disebut istilah HMI (Human Machine Interface). Dalam penelitian ini keypad digunakan untuk meng-input data dalam hal ini yaitu kecepatan motor, jenis gerakan, dan jumlah gerakan.



Gambar 2.16 Keypad 4x4  
(Sumber: nyebarilmu.com, 2017)



## 2.6.2 Software

Adapun Software yang digunakan dalam pembuatan Robot rehabilitasi lengan sebagai berikut.

### a. Flutter

Flutter merupakan platform yang digunakan para developer untuk membuat aplikasi multiplatform hanya dengan satu baris coding atau dengan kata lain aplikasi yang dihasilkan dapat dipakai di berbagai platform, baik mobile Android, iOS, web, maupun desktop.



Gambar 2.17 Software Flutter

### b. Arduino IDE

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++(wiring), yang membuat operasi input/output lebih mudah.



AN OPEN PROJECT WRITTEN, DEBUGGED,  
AND SUPPORTED BY ARDUINO.CC AND  
THE ARDUINO COMMUNITY WORLDWIDE

LEARN MORE ABOUT THE CONTRIBUTORS  
OF **ARDUINO.CC** on [arduino.cc/credits](https://arduino.cc/credits)

Gambar 2.18 Arduino IDE  
(Sumber : *Erintafifah, 2021*)

## 2.7 Mekanisme Lengan Robot pada Robot Rehabilitasi Lengan

Robot Lengan merupakan sebuah alat mekanik yang dapat melakukan tugas fisik menggunakan program yang telah didefinisikan atau disusun terlebih dahulu untuk melakukan proses manipulasi dengan menggunakan lengan mekanis dengan tingkat kebebasan dalam bergerak yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan. (Petra 2011)

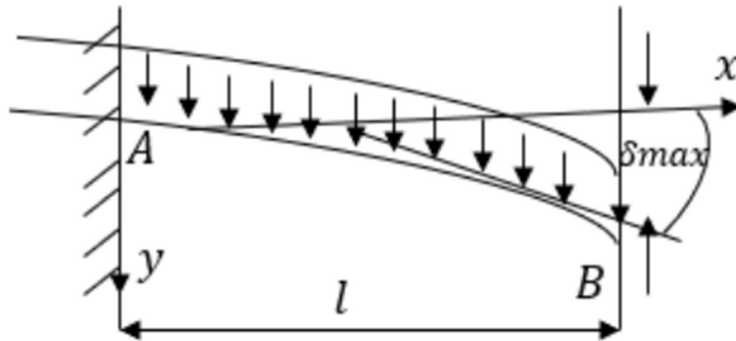
### 2.7.1 *Cantilever Beam*

Kantilever adalah komponen struktural yang kaku, seperti balok atau plat yang terpasang pada segmen pendukung yang memproyeksikannya (biasanya berbentuk vertikal), koneksi ini juga dapat tegak lurus terhadap permukaan datar dan vertikal yang bekerja berdasarkan gaya geser dan tekanan lentur.

(Palungan 2021)

Balok kantilever atau batang tekuk merupan struktur yang bekerja berdasarkan momen batang. Setiap bagian balok akan menekuk atau adanya defleksi karena pembebanan di atasnya. Analisis balok digunakan untuk mengetahui defleksi dan kemiringan balok. Dengan dua besaran ini, dapat

diketahui seberapa tinggi tegangan pada balok tersebut. (Dayera, Palungan, and Ohello 2022)



Gambar 2.19 Balok akibat beban terbagi merata

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui beban pada lengan robot yaitu :

Beban pada lengan robot yaitu

$$W = m \cdot g \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan massa persatuan panjang lenganrobot yaitu:

$$q = \frac{m}{l} \dots\dots\dots(2.7)$$

Beban persatuan panjang lengan robot adalah :

$$Q = \frac{w}{l} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

q = Massa per satuan panjang [kg/m]

Q = Beban per satuan panjang [N/m]

l = Panjang material/balok [m]

m = Massa [kg]

g = Percepatan gravitasi [m/s<sup>2</sup>]

### 2.7.2 Defleksi

Defleksi atau lendutan adalah perubahan bentuk balok dalam arah y karena pemuatan batang material yang diterapkan secara vertikal. Perpindahan material dapat menjelaskan deformasi poros dari lokasinya sebelum memuat. Setelah deformasi, defleksi diukur dari permukaan netral asli ke posisi netral. (Palungan 2021)

Defleksi Max ( $\delta_{max}$ ) dan perputaran sudut ( $\theta$ ) pada robot rehabilitasi lengan dapat dihitung dengan :

$$(\delta_{max}) = \frac{Q l^3}{3 E I} \dots\dots\dots(3.0)$$

Keterangan :

Q = Beban per satuan panjang [N/m]

l = Panjang material/balok [m]

E = Modulus Elastisitas material/balok [N/m<sup>2</sup>]

I = Inersia penampang material/balok [m<sup>2</sup>]

### 2.8 Roodmap Pengembangan Alat

Selama penelitian pertama hingga pengembangan hingga pengembangan terakhir, tentunya alat ini sudah mengalami berbagai macam pengembangan. Beberapa pengembangan yang dilakukan pada alat ini dapat di lihat di tabel 11 berikut.

Tabel 11 Roadmap Pengembangan Alat

No.	Judul	Pengembangan
1	Rancang bangun Robot Rehabilitasi Tangan bagi penderita Stroke (2016)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan komponen dan material yang ekonomis</li> <li>Desain yang telah dibuat memiliki bentuk fisik yang kompetible</li> </ul>
2	Pengembangan Robot Rehabilitasi Tangan untuk penderita Stroke (2017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan interface berupa LCD 20 x 4 dan keypad</li> <li>Program yang dapat menginput pengulangan gerakan sesuai keinginan pasien</li> </ul>
3	Pengembangan Robot Rehabilitasi Tangan bagi Penderita Stroke Berbasis <i>IoT</i> (2020)	<ul style="list-style-type: none"> <li>penambahan sistem Internet of Things (<i>IoT</i>)</li> <li>mengganti motor linear untuk pergerakan maju &amp; mundur</li> </ul>
4	Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis <i>IoT</i> Via Smartphone (2021)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menambahkan aplikasi smartphone pada sistem Internet of Things</li> <li>Mengoptimalkan pergerakan motor linear</li> <li>mengganti motor DC dengan motor servo untuk pergerakan horisontal</li> </ul>
5	Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke Berbasis <i>IoT</i> Via Smartphone dengan Teknologi AI (2022)	<ul style="list-style-type: none"> <li>menambahkan system AI (Artificial Intelligence)</li> <li>mengoptimalkan sistem transmisi (Gear) pada gerakan Aduksi</li> <li>Mengganti motor DC ke ke motor linear pada gerakan aduksi vertikal.</li> </ul>

Penelitian pertama yaitu dari Abdul rahmat dan Muh. Swahid Ismail pada tahun 2016 yang berjudul “Rancang Bangun Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke” dalam penelitiannya menggunakan input analog untuk mengontrol gerakan lengan robot, perangkat tersebut dikoneksikan dengan mikrokontroler (Arduino mega) untuk memberi perintah ke lengan robot hasil pengujiannya adalah robot dapat bergerak mendekat dan menjauhi tubuh sesuai dari pemrograman yang di-input kan. ketika menyentuh limit switch untuk batas maksimum dan minimum, motor akan berhenti sejenak dan kembali bergerak berlawanan arah sampai perintah yang diberikan selesai untuk hasil robot ini telah

berhasil dibuat dengan menggunakan komponen dan material yang ekonomis dan desain yang telah dibuat memiliki bentuk fisik yang kompatibel sehingga robot rehabilitasi ini bukan hanya dapat digunakan di rumah sakit atau pusat rehabilitasi saja, tapi dapat juga digunakan di rumah pasien. adapun kekurangan dari hasil rancang bangun kemarin, 3 Putaran motor DC dapat mengalami penurunan kecepatan dari yang ditentukan karna faktor berat lengan pasien yang akan di rehabilitasi.(Pailan et al. 2022)

Pada pengembangan pertama dari M. Agus dan Ikram pada tahun 2017 yang berjudul “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan untuk Penderita Stroke” telah berhasil dikembangkan pada penggunaan robot rehabilitasi lengan ini sudah menggunakan interface berupa LCD 20 x 4 dan keypad yang sangat membantu dalam pengoperasian alat. Pada bagian keamanannya, tersedia 4 pilihan tombol stop, ON/OFF Arduino, Power Supply yang mudah dilepas, dan tombol Emergency. Dalam pengontrolan gerakan, telah dibuatkan program yang dapat meng-input pengulangan gerakan sesuai keinginan pasien. Kekurangannya ada pada gerakan fleksi dan ekstensi sebaiknya menggunakan ulir dengan jarak pitch yang lebih besar agar gerakan bisa lebih cepat.(Pailan et al. 2022)

Pada pengembangan kedua dari Muh. Syafrie Afrizal dan Muhammad Fiqih Mahmuda pada tahun 2020 yang berjudul “Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis Internet of Things” pengembang menambahkan sistem Internet of Things (IoT) Menggunakan website. IoT merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Jadi robot rehabilitasi lengan ini dapat dikontrol

lewat website. Serta menambahkan PID kontroler, PID adalah mekanisme loop kontrol yang menggunakan umpan balik yang banyak digunakan dalam sistem kontrol industri dan berbagai aplikasi lain yang membutuhkan kontrol termodulasi terus menerus. Kekurangannya adalah pengontrolan alat yang masih menggunakan website dimana penggunaan ini lebih menggunakan laptop sehingga membuatnya tidak praktis. Selain itu, pergerakan dari adduksi dan abduksi horizontal yang masih jauh dari ekspektasi. (Afrizal et al., 2020)

Pada pengembangan ketiga dari Fikri Fatahillah dan Fitriani pada tahun 2021 yang berjudul “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis *Internet of Things* Menggunakan Smartphone” pengembang memanfaatkan smartphone sebagai media untuk memantau dan mengontrol robot menggunakan aplikasi berbasis *Internet of Things* (IoT). Selanjutnya yaitu mengubah penggunaan motor DC menjadi motor servo agar mekanismenya menjadi lebih efektif dimana yang awalnya menggunakan limit switch untuk menentukan posisi minimum dan maksimum pergerakan akan diubah menjadi pemanfaatan motor servo agar derajat pergerakannya bisa diatur untuk menentukan posisi minimum dan maksimum pergerakan. (Fatahillah et al. 2021)

Pada Pengembangan keempat Oleh Andronikus Pailan dan Andi Muhammad Ramadhan pada tahun 2022 yang berjudul “pengembangan robot rehabilitasi lengan bagi penderita stroke berbasis artificial intelligence dan internet of things” Pengembang menambahkan sistem Artificial Intelligence dan Internet of Things pada alat, kemampuan alat untuk bekerja dapat jauh lebih efisien dari sebelumnya. Selanjutnya penggantian sistem aktuator pada adduksi vertikal

menjadi motor linear, pergerakan alat menjadi lebih baik dan lebih mudah di prediksi. Dengan perancangan ulang pada sistem transmisi adduksi horizontal, pergerakan motor bisa lebih optimal.(Pailan et al. 2022)





## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Robotika dan kontrol Teknik Mesin PNUP dan Laboratorium Riset Pasca Sarjana PNUP, Makassar, Sulawesi Selatan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2023 sampai dengan bulan Agustus 2023.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian ini memerlukan beberapa alat, bahan, dan perangkat lunak untuk membuat tugas akhir sesuai dengan apa yang diharapkan. Alat dan bahan yang dibutuhkan dapat dilihat pada tabel 12 dan tabel 13 berikut.

Tabel 12 Daftar peralatan yang dibutuhkan

No.	Nama Alat
1	Laptop
2	Smartphone
3	Obeng
4	Las Listrik
5	Tang
6	Bor
7	Solder
8	Gurinda
9	Multimeter
10	Gunting
11	Cutter

Tabel 13 Daftar Komponen yang dibutuhkan

No.	Nama Bahan	Jumlah (Buah)
1	Arduino MEGA	1
2	Node MCU	1
3	Motor Linear	2
4	Kabel <i>Jumper</i>	Disesuaikan
5	Motor Servo	1
6	Driver Motor BTS 7960	1
7	Baut Mur	Disesuaikan
8	Push Button	4
9	Limit switch	4
10	Heat sink	1
11	Kabel Data	1
12	Timah	Disesuaikan
13	Plat Aluminium	Disesuaikan

### 3.3 Prosedur / Langkah kerja

Untuk proses pengerjaan Tugas Akhir ini, ada beberapa tahap yang dilakukan. Langkah-langkah yang penulis lakukan dalam melaksanakan pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan riset dan studi literatur

Untuk memperoleh landasan teori dan penelitian pembuatan alat, maka tahap pertama yang penulis lakukan adalah pencaian data atau melakukan

studi literatur untuk mendapatkan materi ataupun data sebanyak-banyaknya melalui berbagaimedia yang ada di,mna data yang diperoleh harus relevan dengan alat yang akan di buat nantinya.

## 2. Membuat Desain

Pembuatan desain ini baik itu perangkat keras maupun perangkat lunak ditujukan agar dalam proses pengerjaan dan pembuatan alat nantinya sudah terdapat gambaran acuan, dimensi, dan konsep dari alat yag dibuat nantinya.

## 3. Pembuatan dan Pengerjaan Alat

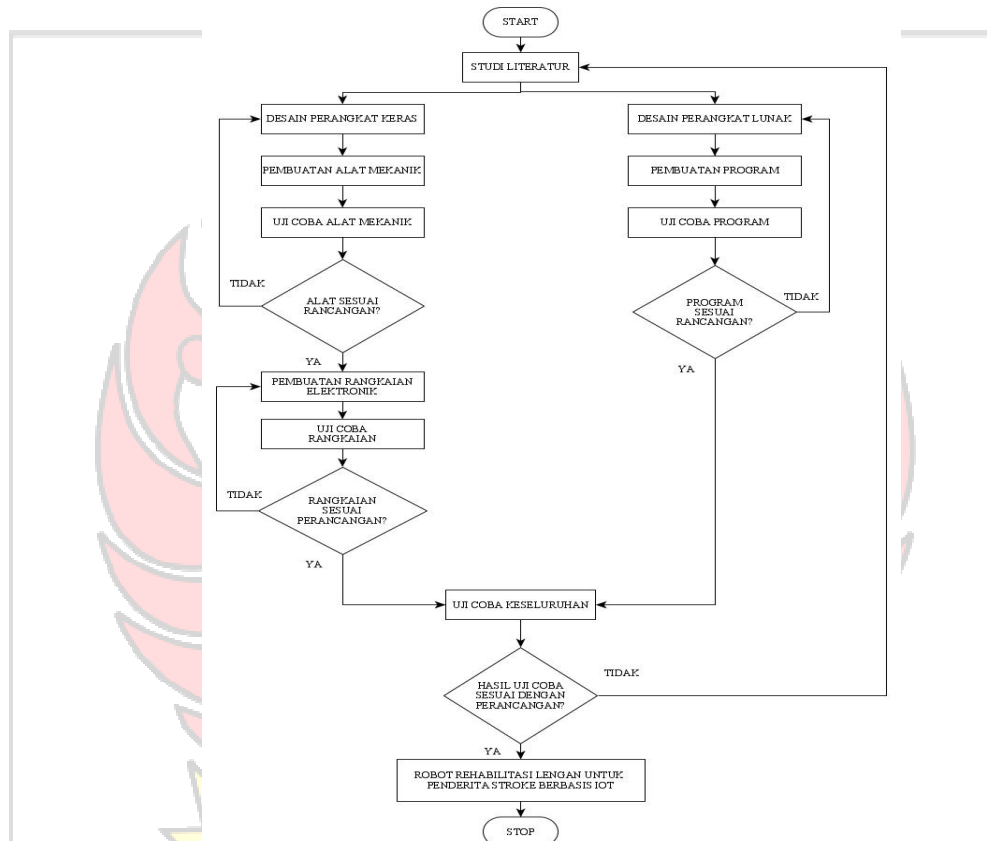
Tahap selanjutnya yaitu pengerjaan alat. Langkah pertama yang dilakukan pada tahap ini yaitu pembuatan rangka alat. Dalam tahap ini bentuk fisik dari alat yang telah dirancang akan dibuat, Selanjutnya dilakukan pemasangan komponen-komponen elektronk, dan tahapterakhir yaitu pembuatan program yang dilkukan melalui sebuah software Arduino IDE dan *Autodesk MIT Inventor*.

## 4. *Try and Eror*

Pada Proses ini dilakukan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui apakah alat sudah bekerja sesuai dengan yang direncanakan dengan memeriksa kondisi fisik, alur dari sistem listrik atau atau dari segi perangkat keras dan peragkat lunak.

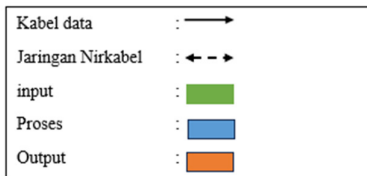
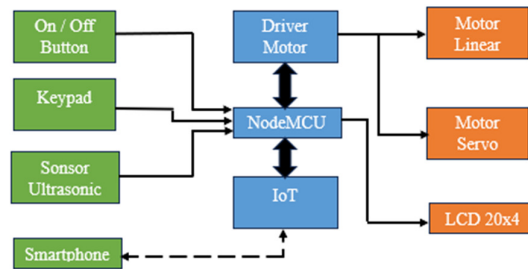
## 5. Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data merupakan tahap terakhir dalam pembuatan alat ini, penulis akan melakukan pengujian serta mengambil data-data yang diperlukan untuk menjadi bahan dalam penyajian hasil akhir dari alat ini.



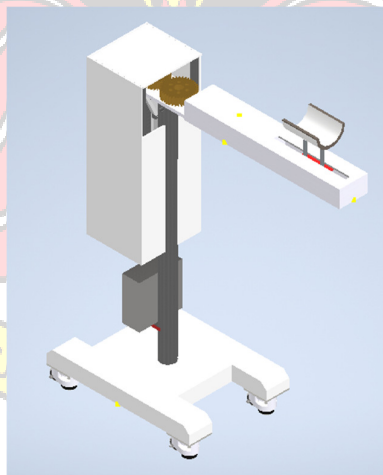
Gambar 3.20 Flowchart sistem perancangan / prosedur langkah kerja

Untuk perancangan Elektronik pada alat ini dibuat dengan menggunakan beberapa shield untuk memperkecil tempat atau space dalam peletakkannya serta untuk memperkecil dimensi dari alat ini. Berikut merupakan komponen penyusun hardware elektronika yang digunakan pada alat ini dapat dilihat pada gambar 3.21 berikut.



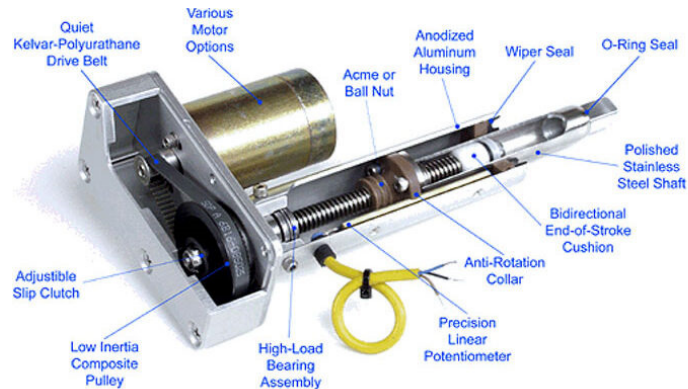
Gambar 3.21 Skema Rangkaian Elektroik robot rehabilitasi lengan

Perancangan Mekanik pada robot rehaibitasi lengan berupa sebuah desain kontruksi dan letak dari tiap komponen-komponen mekanik yang digunakan untuk merakit dan membentuk alat ini. Adapun Desain mekanik dari alat ini dapat dilihat pada gambar 3.22 berikut.



Gambar 3.22 Rancangan mekanik robot rehabilitasi lengan

Untuk pergerakan adduksi vertikal serta gerakan fleksi, penulis akan menggunakan motor linear. Pergerakan motor linear sendiri berbeda dengan pergerakan motor lainnya, dimana pergerakan motor tegak lurus dibandingkan melakukan gerakan memutar.



Gambar 3.23 Bagian-bagian motor linear  
(Sumber : GENPHOAL, 2015)

Daya motor linear dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Daya Motor = \frac{Torsi motor \times kecepatan putaran}{Efisiensi motor} \dots\dots\dots(3.1)$$

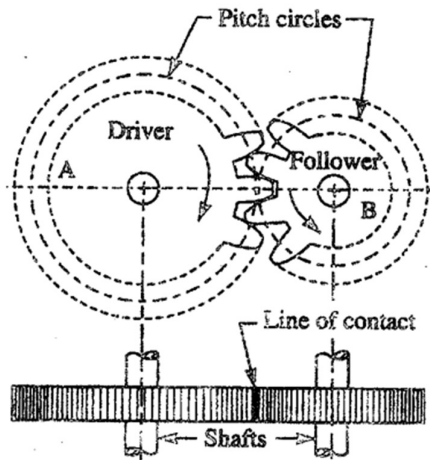
Untuk pergerakan aduksi Horizontal, kami menggunakan motor servo, dimana motor servo ini terhubung dengan transmisi roda gigi. Transmisi roda gigi mempunyai keunggulan dibandingkan dengan sabuk atau rantai karena lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan tepat, dan daya lebih besar serta tidak terjadi slip. Kelebihan ini tidak selalu menjadi alasan dipilihnya roda gigi di samping cara yang lain, karena memerlukan ketelitian yang lebih besar dalam pembuatan, pemasangan, maupun pemeliharannya.

Daya motor servo dapat kita hitung dengan rumus :

$$Daya Motor = \frac{Torsi Motor \times kecepatan Gerakan}{Efisiensi Motor} \dots\dots\dots(3.2)$$

Beban maksimal yang bisa ditahan dapat dihitung dengan rumus :

$$Beban Maksimal = \frac{Torsi}{Panjang lengan robot} \dots\dots\dots(3.3)$$



Gambar 3.24 Transmisi Roda gigi Lurus  
 (Sumber : Diktat Elemen Mesin, Agustinus Purna Irawan)

Rasio dari kedua roda gigi (*gear*) ini dapat diketahui dengan rumus :

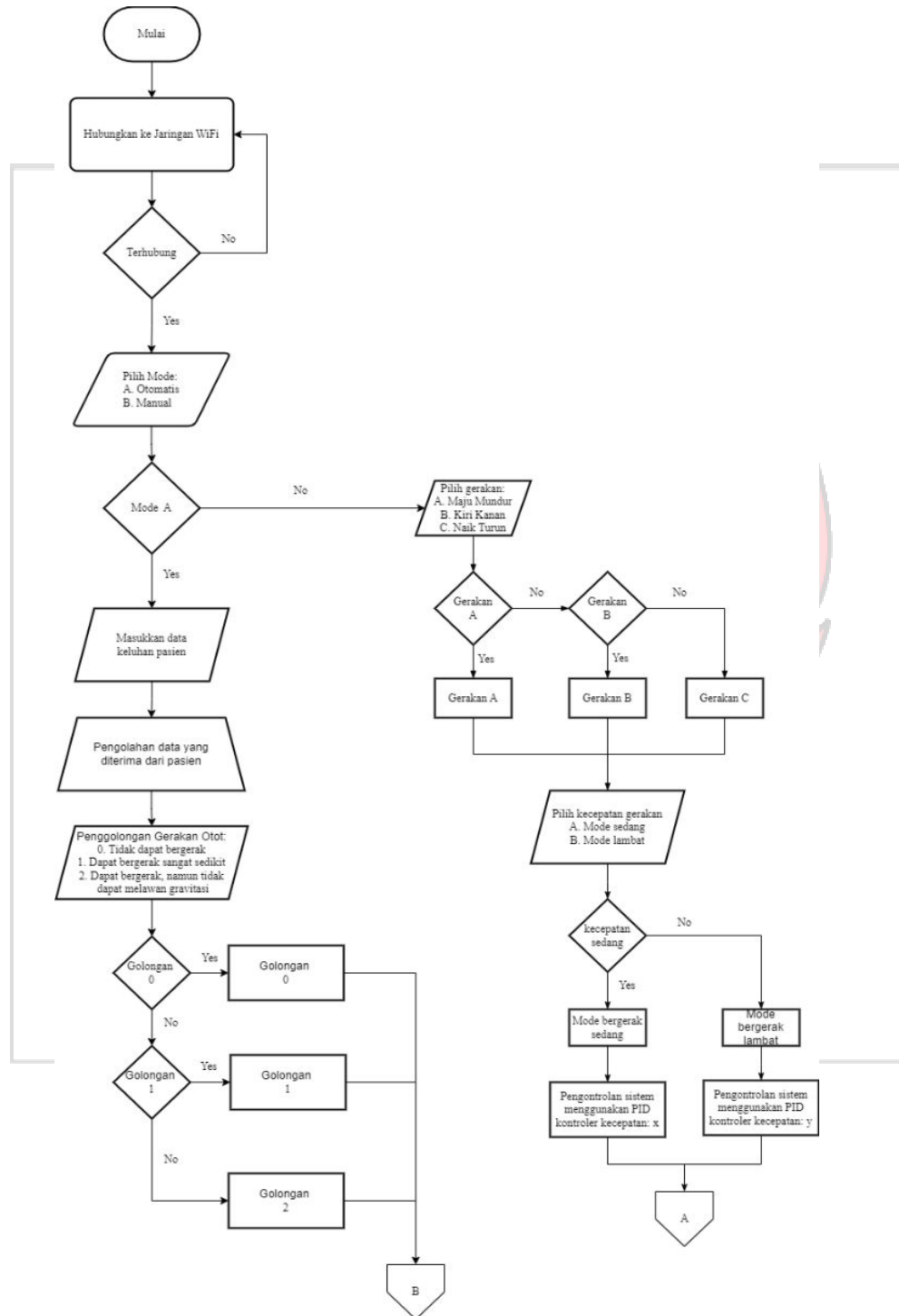
$$Rasio\ Gear = \frac{Jumlah\ roda\ gigi\ besar}{Jumlah\ roda\ gigi\ kecil} \dots\dots\dots(3.4)$$

Daya yang dapat ditransfer oleh roda gigi adalah :

$$Torsi\ Output = Rasio\ Gear \times Torsi\ input \dots\dots\dots(3.5)$$

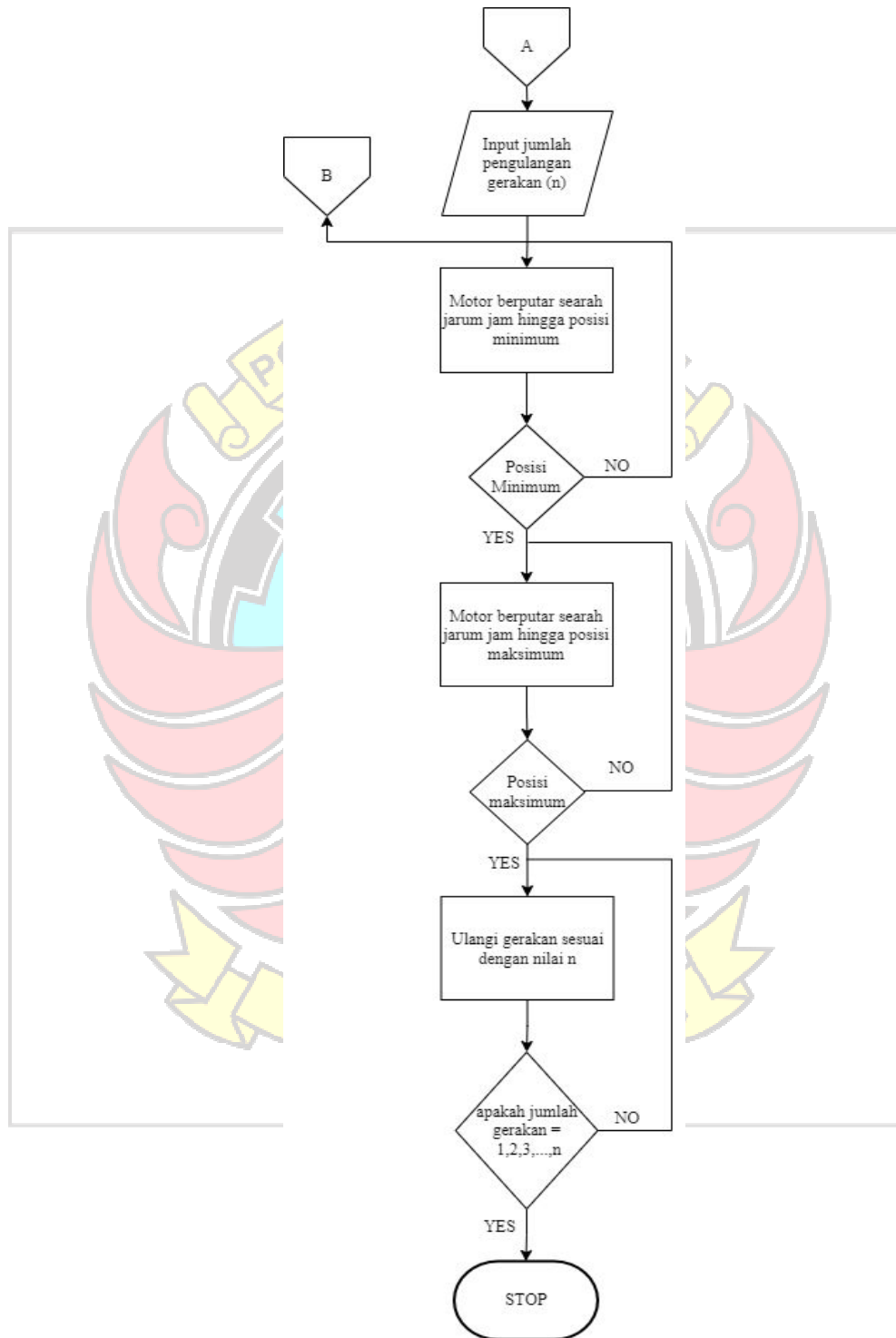
Untuk perangkat lunak pada alat ini dibuat dengan tujuan untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan robot rehabilitasi penderita stroke ini. Perangkat lunak ini dirancang dengan sebuah program yang dibuat dalam laptop berdasarkan dengan sistem IoT kemudian dimasukkan dalam perangkat *Hardware* elektronika yang sudah dibuat.

Berikut ini merupakan Flowchart atau Diagram Alir pengoprasian Robot rehabilitasi lengan untuk penderita stroke.





Lanjutan diagram alir pengoprasian Robot rehabilitasi lengan.



Gambar 3.25 Diagram Alir Sistem Pergerakan robot rehabilitasi lengan

### 3.4 Langkah-Langkah Pengujian

Pada tahap pengujian, alat, ada 3 tahap pengujian yang utama agar tahap pengujian menjadilebih optimal. Adapun tahap yang dilakukan yaitu sebagaiberikut.

1. Pemeriksaan alat dari segi mekanik

Dalam tahap pengujian ini, Penulis akan mengecek kondisi dari alat yang telah dibuat. Pengecekan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengecek kondisi fisik dari alat tidak menalami kerusakan. seperti posisiaktuator yang idaksesuai, baut yang lepas, dan lain-lain.

2. Pengecekan Komponen Elektronik

Tahap selanjutnya yaitu pemeriksaan komponen elektrik. Pemeriksaan inidilakukan untuk mencegah terjadinyak esalahan pada saat proses pengujian program nanti. Pegecekan yag dilakukan yaitu memeriksa alur pengkabelan, memastikan pemasangan *kabel* pada pin input sudah benar, dan memastikan bahwa setiap komponen menyala dengan benar.

3. Pengujian program

Tahap terakhir yaitu pengujian program. pada tahap ini penulis akan menguji program yang telah dibuat berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian pada pergerakan setiap aktuator.

Setelah tahap pemeriksaan dan pengujian pada alat telah selesai dilakukan, maka langkah selanjutnya yaitu merekam hasil pengujian untuk ditampilkan pada seminar hasil.

### 3.5 Teknik Analisis Data

Dalam melakukan proses analisis data, penulis melakukan beberapa kali pengulangan untuk memperoleh data yang lebih akurat. Pengulangan disini dilakukan dengan cara melakukan proses *input-output* data yang berbeda dan mengoperasikan alat berulang kali. Setiap hasil pengulangan tersebut akan dicatat dan dihitung persentase keberhasilan alat.



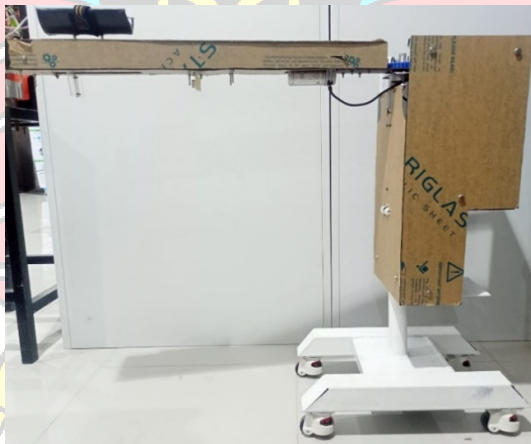
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian dan Eksperimen

Hasil penelitian dan Eksperimen robot beserta dengan pembahasan pada bab ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu hasil perancangan mekanik, elektronik, dan informatika. Beberapa hasil robot rehabilitasi lengan bagi pasien pasca stroke yang telah dijelaskan pada Bab III. Adapun perubahan yang telah dilakukan pada proses perancangan dijelaskan pada bab ini.

#### 4.1.1 Hasil Perancangan Mekanik

Setelah melakukan percobaan maka penulis mendapatkan desain robot sebagai berikut.



Gambar 4.26 Hasil Perancangan Mekanik

Pada penelitian tahun sebelumnya mekanisme alat saat akan digunakan terpeku pada satu tempat saja karena susah untuk dipindahkan dan semua komponen yang digunakan dapat terlihat dengan jelas. Oleh karena itu, penelitian tahun ini di tambahkan roda dan cover untuk memudahkan alat untuk dipindahkan saat ingin digunakan dan semua komponen tertutupi oleh cover yang membuat

semua sistem kelistrikan dapat tertutupi untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.



Gambar 4.27 Actuator pada robot

Pada alat terdapat roda, Transmisi kiri-kanan, Transmisi naik-turun. Bagian-bagian alat pada gambar tentunya memiliki fungsi yang berbeda-beda untuk menunjang keberhasilan penelitian ini.

Pada Transmisi kiri ke kanan menggunakan motor servo yang tersambung menggunakan roda gigi (Gear) dan untuk mengetahui daya yang dapat ditransfer oleh roda gigi (3.5) maka terlebih dahulu penulis menghitung rasio kedua roda gigi (3.4), dan untuk mengetahui beban maksimal yang dapat ditahan motor (3.2) tersebut dapat dihitung sesuai dengan persamaan pada bab sebelumnya. Adapun persamaan untuk menghitung rasio roda gigi (Gear) sebagai berikut.

Keterangan :

- Rasio Gear (GR)
- Jumlah gear besar ( $n_1$ ) = 39
- Jumlah gear kecil ( $n_2$ ) = 27

$$\begin{aligned}
 GR &= \frac{n_1}{n_2} \\
 &= \frac{39}{27} \\
 &= 1,44
 \end{aligned}$$

Pada tabel 7, dapat diketahui nilai transfer servo atau torsi motor servo sebesar 35 kg (jika dikonversi ke Newton meter, maka nilainya sebesar 343,23 Newton meter) dan berdasarkan hasil perhitungan Rasio gear di atas. Maka, Daya atau Torsi output yang dapat ditransfer oleh roda gigi (Gear) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

Keterangan :

- Daya (P) atau Torsi output ( $\tau_0$ )
- Rasio gear (GR) = 1,44
- Torsi input ( $\tau_1$ ) = 343,23 Nm

$$\begin{aligned}
 \tau_0 &= GR \times \tau_1 \\
 &= 1,44 \times 343,23 \text{ N} \\
 &= 494,25 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Jika dikonversikan ke kilogram, maka 494,25 Nm setara dengan 50,39 kg.

Pada tabel 7, dapat diketahui nilai transfer servo atau torsi motor servo sebesar 35 kg (jika dikonversi ke *Newton*, maka nilainya sebesar 343,23 *Newton*). Maka, beban maksimal yang dapat ditahan oleh roda gigi sesuai dengan persamaan (3.2) yaitu :

Keterangan :

- Beban maksimal ( $F_{Maks}$ )
- Torsi ( $\tau$ ) = 343,23 N
- Panjang lengan robot ( $r$ ) = 0,85 m

$$F_{Maks} = \frac{\tau}{r}$$
$$= \frac{343,23}{0,85}$$
$$= 403,8 \text{ N}$$

dimana 40,38 N. jika dikonversikan menjadi kilogram, maka nilainya menjadi 40,38 kg dan jika dibulatkan menjadi 40 kg.

Hasil perancangan mekanik pada bagian lengan robot rehabilitasi lengan pada umumnya berbentuk balok sehingga berhubungan dengan sistem cantilever beam. Adapun perhitungan cantilever beam sesuai dengan persamaan (2.6) sampai dengan persamaan (2.9) sebagai berikut.

Beban pada lengan robot dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.6) menggunakan rumus sebagai berikut.

Keterangan :

- Beban pada lengan robot ( $W$ )
- Massa lengan robot ( $m$ ) = 3 kg
- Gaya Gravitasi ( $g$ ) = 10 m/s<sup>2</sup>

$$\begin{aligned}
 W &= m \cdot g \\
 &= 3 \cdot 10 \\
 &= 30 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Massa persatuan panjang lengan robot dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.7) menggunakan rumus sebagai berikut.

Keterangan :

- Massa persatuan panjang ( $q$ )
- Massa lengan robot ( $m$ ) = 3 kg
- Panjang lengan robot ( $l$ ) = 0,85 m

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{m}{l} \\
 &= \frac{3}{0,85} \\
 &= 3,52 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban persatuan panjang lengan robot dapat dihitung sesuai dengan persamaan (2.8) menggunakan rumus sebagai berikut.

Keterangan :

- Beban persatuan panjang ( $Q$ )
- Beban pada lengan robot ( $W$ ) = 30 N
- Panjang lengan robot ( $l$ ) = 0,85 m

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{W}{l} \\
 &= \frac{30}{0,85} \\
 &= 35,2 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$



Defleksi max lengan robot pada aktuator dapat dihitung sesuai dengan persamaan (3.0) menggunakan rumus sebagai berikut.

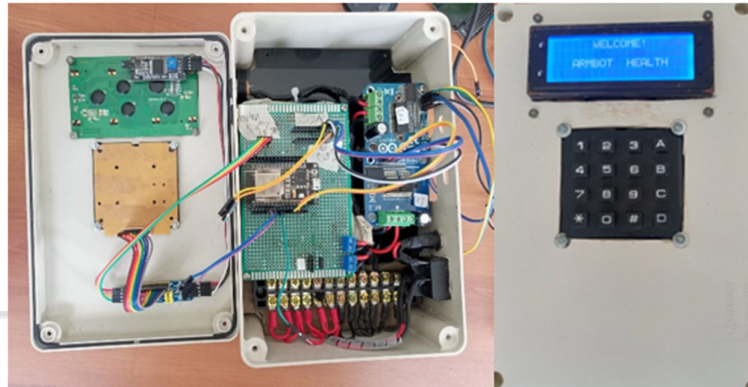
Keterangan :

- Defleksi maksimal motor linear gerakan atas bawah ( $\delta$  max)
- Beban persatuan panjang ( $Q$ ) = 35,2 N/m
- Panjang lengan robot ( $l$ ) = 85 cm = 0,85 m
- Modulus Elastisitas material/balok ( $E$ ) =  $7 \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$
- Inersia penampang material/balok ( $I$ ) =  $1,08375 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned}\delta \text{ max} &= \frac{Q \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I} \\ &= \frac{35,2 \times 0,85^2}{3 \times 7 \cdot 10^{10} \times 1,08} \\ &= \frac{35,2 \times 0,7225}{3 \times 7 \cdot 10^{10} \times 1,08} \\ &= 2,41 \times 10^{-8} \text{ m}\end{aligned}$$

#### 4.1.2 Hasil Perancangan Elektronik

Pada perancangan sistem elektronik, sistem pengontrolannya menggunakan NodeMCU sebagai komunikasi IoT-nya dan juga sebagai mikrokontroler. Pada perakitan sistem elektronik penulis melakukan penambahan penerun tegangan atau *step down* karena tegangan yang kami butuhkan itu 2 jenis yaitu 5V dan 7V. Penulis juga melakukan penggantian NodeMCU yang sebelumnya menggunakan Esp8266 diganti menjadi Esp32 karna perbedaan jumlah port *input* dan *output*.



Gambar 4.28 Rangkain Elektronik pada panel Box

Actuator yang terpasang pada alat ada 2 jenis yaitu motor linear dan motor servo yang memiliki fungsi yang berbeda-beda pada alat. Adapun perhitungan daya pada motor dapat dihitung sesuai dengan persamaan (3.1) dan (3.2) sesuai dengan bab sebelumnya.

Pada tabel 6 diketahui Stroke dari motor linear yaitu 150 mm (jika dikonversikan menjadi cm, maka nilainya menjadi 15 cm) dan gaya atau beban maksimalnya yaitu 90 kg. Maka, daya motor linear dapat dihitung sesuai dengan persamaan (3.1) sebagai berikut.

Keterangan :

- Daya motor linear (P)
- Torsi motor ( $\tau$ ) = 1350 N
- Efisiensi motor ( $\eta$ ) = 90%
- Kecepatan putara motor (n) = 5 mm/s

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\tau \times n}{\eta} \\
 &= \frac{1350 \times 5}{90} \\
 &= 75 \text{ W}
 \end{aligned}$$

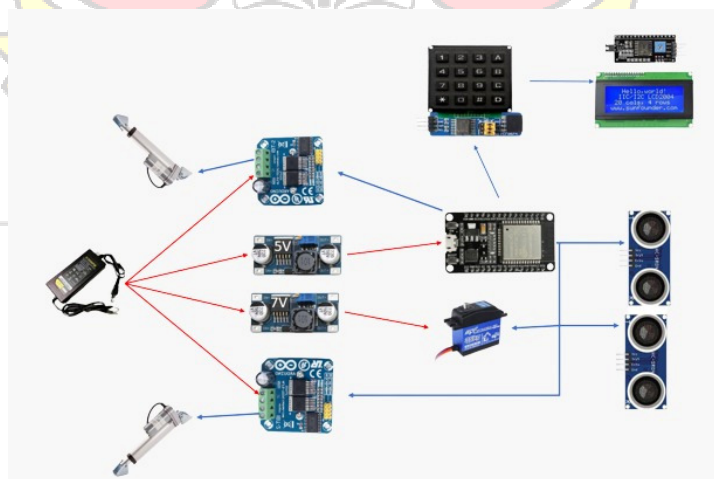
Pada tabel 7 diketahui Torsi dari motor servo sebesar 35 kg dan kecepatan putarannya sebesar 5 mm/s . Maka, daya motor servo dapat dihitung sesuai dengan persamaan (3.2) sebagai berikut.

Keterangan :

- Daya motor servo (P)
- Torsi motor ( $\tau$ ) = 35 kg
- Efisiensi motor ( $\eta$ ) = 90%
- Kecepatan putana motor ( $n$ ) = 5 mm/s

$$P = \frac{\tau \times n}{\eta}$$
$$= \frac{35 \times 0,12}{0,9}$$
$$= 4,67 \text{ W}$$

Semua sistem elektronik yang terpasang pada alat terhubung satu sama lain mulai dari tegangan sumber yaitu Adaptor sampai dengan Actuator-Actuator pada alat. Untuk lebih jelasnya penulis merangkum sistem elektronik dalam bentuk *wiring* yang dapat dilihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Wiring sistem Elektronik

#### 4.1.3 Hasil Perancangan Informatika

Perancangan dan pembuatan program robot rehabilitasi lengan dibagi menjadi 2 yaitu pemrograman pada Arduino IDE dan Flutter. Untuk pembuatan program aplikasi smartphone penulis menggunakan Flutter dan untuk pembuatan program yang mengatur proses kerja alat penulis menggunakan Arduino IDE.

##### a. Flutter

Pembuatan aplikasi smartphone berbasis internet of things dibuat menggunakan android studio. Dalam sistem ini, Smartphone berfungsi sebagai pusat controler dimana dalam aplikasi ini pengguna dapat menginput data berupa nama pasien, umur pasien, tekanan darah pasien, nilai otot pasien, dan jenis gerakan yang akan dilakukan. Pada aplikasi ini juga terdapat history atau riwayat pasien penggunaan alat sehingga pengguna dapat mengontrol dan bisa mengecek serta mengetahui perkembangan pasien. Dengan sistem ini diharapkan dapat mempermudah dalam pengorasian alat.



Gambar 4.30 Tampilan Aplikasi

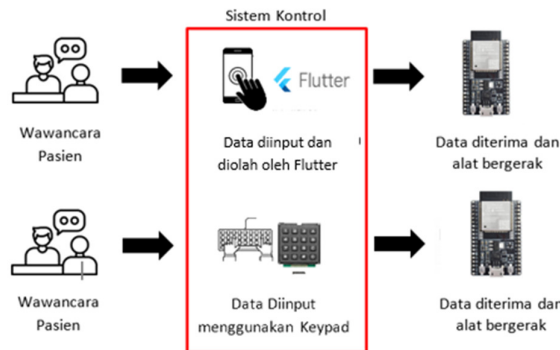
#### b. Arduino IDE

Untuk pembuatan program yang dilakukan menggunakan *software* Arduino IDE bertujuan untuk mengatur proses kerja dari semua peralatan atau sistem yang telah dibuat. Adapun program yang dibebankan pada mikrokontroler NodeMCU adalah sebagai berikut.

1. Sub Program untuk LCD dan Keypad
2. Sub Program untuk kontrol PID
3. Sub program untuk pergerakan actuator
4. Sub Program untuk mengirim data ke server
5. Sub Program untuk mengambil data dari server
6. Sub program untuk jenis gerakan pelatihan
7. Sub program untuk pengulangan gerakan pelatihan

#### 4.1.4 Sistem Kontrol

Sistem Kontrol pada robot rehabilitasi menggunakan 2 cara yaitu Sistem kontrol manual dan sistem kontrol otomatis. Untuk sistem kontrol otomatis menggunakan aplikasi yang sudah dibuat menggunakan *Flutter*, dimana sistem ini digunakan untuk pengontrolan menggunakan smartphone. Untuk sistem kontrol manual, Pengguna menggunakan keypad sebagai tombol untuk mengoperasikan alat.



Gambar 4.31 Sistem pengontrolan alat

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Penerapan sistem kontrol Proportional, Integral, dan Derivatifve

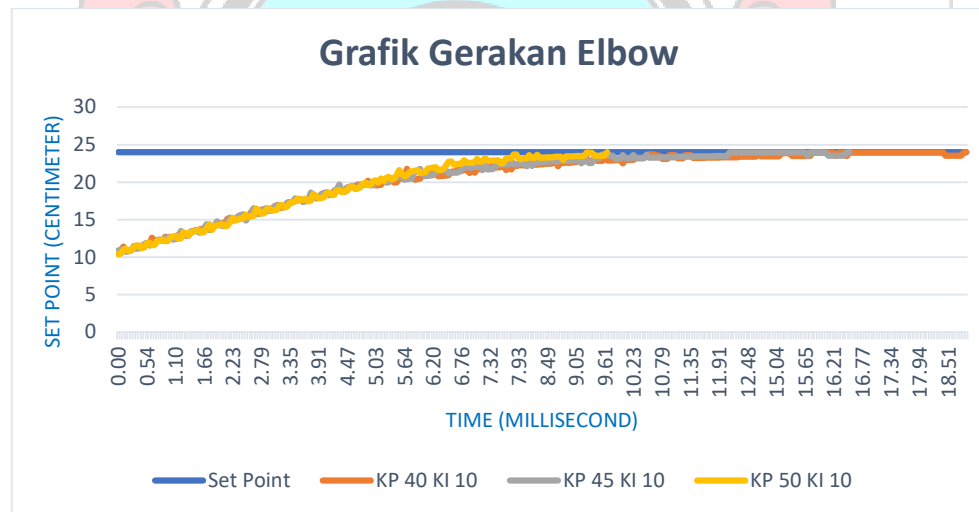
Pengujian tahap ini dilakukan dilakukan dengan cara melakukan uji coba pada sensor *ultrasonic* dan *Controlled PI System*. Pengujian ini dilakukan pada alat sesuai dengan fungsinya masing-masing. Pengujian ini dilakukan dengan menambahkan sensor *ultrasonic* pada alat untuk mengatur set point pergerakan alat.

Pengujian dilakukan dengan cara mengatur jarak pembacaan minimal dan maksimal dari sensor untuk menjadi set point pada alat. Pengujian sensor ini dilakukan karena *Feedback signal* yang dihasilkn oleh sensor tersebut menjadi tolak ukur dari set point yang telah diatur sebelumnya sehingga menghasilkan nilai *error*. Adapun jarak set point yang di atur untuk gerakan *Shoulder* yaitu dari jarak 4 cm dan set pointnya berada di jarak 7 cm dan gerakan *elbow* dari jarak 10 cm sampai dengan 24 cm.

Pengujian selanjutnya yang kami lakukan yaitu melakukan pengujian *control PI System* dari alat. Kontrol yang kami gunakan yaitu PI yaitu gabungan

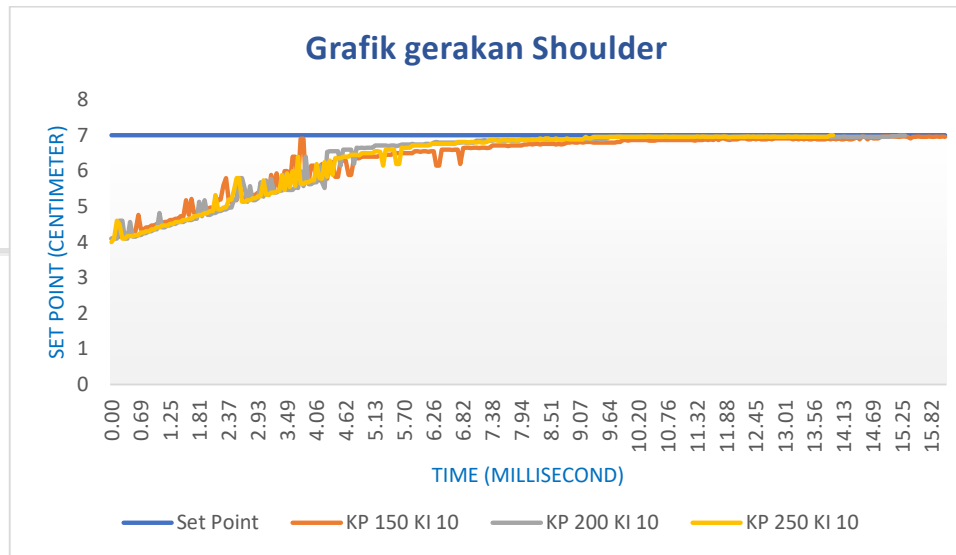
antara kontrol *Proportional* dan kontrol *integral* karena sistem dari alat kami memiliki set point yang tetap dan tidak berubah. Penerapan kontrol PI ini diharapkan dapat membuat sistem dari alat kami memiliki respon yang sangat cepat dan *Error* yang kecil.

Pengujian dilakukan dengan mengoperasikan alat sesuai dengan gerakan yang diinginkan dan pengambilan data dilakukan dengan melihat nilai pembacaan dari sensor yang tampil pada sistem informasi dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai set point. Berikut ini merupakan grafik dari pengujian alat pada gerakan *Elbow* yang memiliki set point dari 10 cm – 24 cm.



Gambar 4.32 Kontrol PI gerakan *Elbow*

Berdasarkan gambar 4.32 diatas dapat disimpulkan bahwa parameter  $KP = 50$   $Ki = 10$  memiliki waktu tempuh menuju set point lebih cepat dibandingkan dengan parameter  $KP = 45$   $KI = 10$  dan parameter  $KP = 40$  dan  $KI 10$  dengan setpoint yang sama. Adapun grafik pengujian dari pengujian alat pada gerakan *Shoulder* dengan set point 4 cm – 7 cm.



Gambar 4.33 Grafik PI gerakan *Sholder*

Pada Gambar 4.33 di atas nilai set poinnya yaitu 7 cm dengan jarak minimal 4 cm, Parameter kontrol PI dengan nilai KP = 250 dengan KI = 10 memiliki waktu tempuh menuju set point lebih cepat dibandingkan dengan parameter KP = 150 KI = 10 dan Parameter KP = 200 KI = 10.

#### 4.2.2 Perubahan sistem Internet of Things pada alat

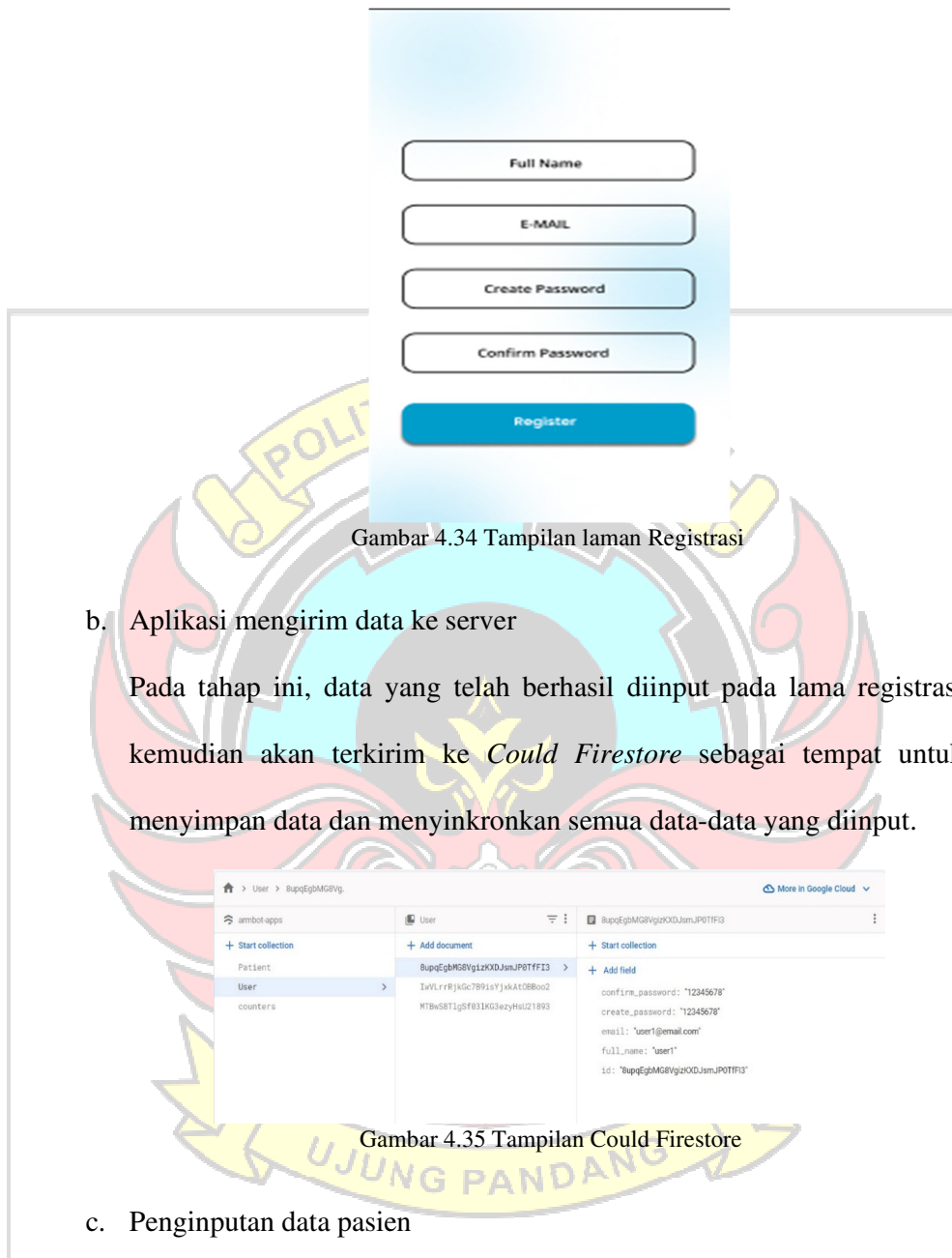
Pada pengujian ini dilakukan beberapa tahap sebagai berikut :

- a. Pembuatan akun melalui aplikasi

Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan registrasi pada aplikasi untuk membuat akun dengan menginput nama, email, dan password.

Data yang telah diinput selanjutnya akan terkirim ke *Cloud Firestore*.





Gambar 4.34 Tampilan laman Registrasi

b. Aplikasi mengirim data ke server

Pada tahap ini, data yang telah berhasil diinput pada lama registrasi kemudian akan terkirim ke *Cloud Firestore* sebagai tempat untuk menyimpan data dan menyinkronkan semua data-data yang diinput.

Gambar 4.35 Tampilan Cloud Firestore

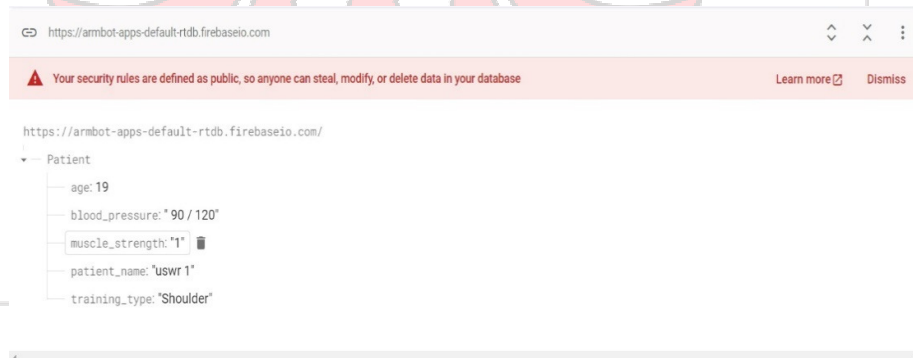
c. Penginputan data pasien

Pengujian ini dilakukan dengan cara menginput data pasien pada aplikasi berupa nama pasien, umur pasien, tekanan darah pasien, kekuatan otot pasien, dan jenis gerakan pelatihan.

Gambar 4.36 Tampilan laman pengisian data pasien

d. Data terkirim ke server

Pada tahap ini, semua data yang diniput akan terkirim ke database sebagai tempat untuk menyimpan data dan menyinkronkan semua data yang berhasil di input secara realtime.



Gambar 4.37 Tampilan database

e. ESP 32 mengambil data dari database

Pada tahap ini, ESP 32 akan mengambil data dari database sesuai dengan data yang telah di input. Data yang telah diambil kemudian akan diolah dan akan di tampilkan pada serial monitor ataupun di LCD.



```
COM8
12:06:05.940 -> 4
12:06:06.970 -> 0
12:06:07.064 -> 4
12:06:08.094 -> 0
12:06:08.141 -> 4
12:06:09.176 -> 0
12:06:09.268 -> 4
12:06:10.296 -> 0
12:06:13.055 -> Muscle Strength: 1
12:06:13.337 -> Training Type: Shoulder
12:06:14.419 -> 4
12:06:15.453 -> 0
12:06:15.593 -> 4
12:06:16.667 -> 0
```

Gambar 4.38 Tampilan sistem informasi serial monitor

Pada gambar 38 diatas terdapat beberapa kata dan juga angka yang ditampilkan pada serial monitor. Angka 4 dan angka 0 merupakan pembacaan dari sensor yang terpasang pada alat dan kata *Muscle Strength* serta kata *Training type* merupakan hasil pengambilan data di database oleh ESP 32 dan kemudian dikirim ke LCD.



Gambar 4.39 Tampilan Sistem informasi Pada LCD

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Penerapan sistem kontrol *Proportional Integral Derivative* (PID) pada robot rehabilitasi lengan membuat gerakannya lebih cepat stabil dalam pengoperasiannya. Hal ini dibuktikan dengan pergerakan aktuator motor linear saat bergerak akan berhenti secara otomatis ketika sudah mencapai set point.
2. Sistem *Internet of Things* (IoT) pada robot rehabilitasi lengan telah berhasil dirancang ulang dan dibuat yang membuat tampilanya lebih menarik, dan lebih memudahkan *user* dalam mengoperasikan robot rehabilitasi lengan.

### 5.2 Saran

Berikut ini merupakan beberapa saran untuk pengembangan robot rehabilitasi lengan kedepannya :

1. Pengaturan ketinggian roda sebaiknya menambahkan sensor untuk mengetahui ketinggian setiap roda.
2. Mekanisme alat harap lebih di pertimbangkan secara keseluruhan terutama pada bagian lengan agar dapat menahan beban lebih berat.
3. Keypad pada robot sebaiknya diganti menjadi *Human Machine Interface* (HMI) untuk lebih memudahkan user dalam menggunakan alat.

## DAFTAR PUSTAKA

Afrizal, A., Mesin, J. T., P., & Pandang, U. (2020). *PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI LENGAN BAGI PENDERITA STROKE BERBASIS INTERNET OF THINGS*.

Agustus Purna Irawan, 2009. Diktat-elemen-mesin-DOCPLAYER. (Online) (Diktat Elemen Mesin. Disusun oleh: Agustinus Purna Irawan (docplayer.info)). Diakses 26 Februari 2023.

Arduino Home Page, 2021. Arduino-arduino-mega-2560-rev3. (Online) (<https://store.arduino.cc/collections/boards/products/arduino-uno-rev3>). Diakses 26 Februari 2023.

Arjunaldi, 2017. preview-lm2596-step-module/. (Online) (dteq\_rie id vblog - Official Blog (telkomuniversity.ac.id)). Diakses 26 Februari 2023.

Atmel. (2015). Arduino Mega 2560 Datasheet. Power, 1-7. <http://www.robotshop.com/content/PDF/ArduinoMega2560Datasheet.pdf>

Dayera, D., Palungan, M. B., & Ohello, F. (2022). Analisa Balok Kantilever Dengan Beban Tidak Terbagi Merata. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 6(2), 324-332. <https://doi.org/10.33379/gtech.v6i2.1722>

Denny Darlis, 2022. Modul Ultrasonik - HCSR04. (Online). (<https://dennydarlis.staff.telkomuniversity.ac.id/>). Diakses pada 18 Agustus 2023.

Depkes. (2008). *Keputusan Menteri Kesehatan RI No.378/Menkes/SK/IV/2008 Tentang Pedoman Pelayanan Rehabilitasi Medik Di Rumah Sakit* (pp. 1-29).

Efendi, M. Y., & Chandra, J. E. (2019). Implementasi Internet of Things Pada Sistem Tenaga. *Global Journal of Computer Science and Technology*, 19(1), 532–538.

Efran Syah, 2014. Dampak-Stroke-dan-siapa-saja-yang-berisiko. (*Online*). ([Dampak Stroke dan Siapa Saja yang Berisiko | Medkes](#)). Diakses 26 Februari 2023.

Elektronika Dasar, 2013. Motor-servo. (*Online*). ([Motor Servo \(elektronika-dasar.web.id\)](#)). Diakses 26 Februari 2023.

Erintafifah, 2021. mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide – KMTek. (*Online*). (<https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>). Diakses 26 Februari 2023

Fatahillah, F., Mesin, J. T., Negeri, P., & Pandang, U. (2021). *PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI LENGAN BAGI PENDERITA STROKE BERBASIS INTERNET OF THINGS*.

Genphoal, 2015. linear-motor. (*Online*). (<https://www.andmotor.com/linear-motor/>). Diakses 26 Februari 2023.

Hablul Barri, M., Ryandika, A., C esario, A., & Widyotriatmo, A. (2017). Desain dan Kontrol Posisi dari Arm Manipulator Robot Sebagai Alat Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke. *Jurnal Otomasi Kontrol Dan Instrumentasi*, 9(2), 81. <https://doi.org/10.5614/joki.2017.9.2.2>

Halodoc. 2022. Stroke – Penyebab, Gejala, dan pengobatan – Halodoc. (*Online*). (<https://www.halodoc.com/kesehatan/stroke>). Diakses 26 Februari 2023.

Imelda Zahra Tungga Dewi, 2020. kontrol-pid-proportional, integral, derivative-controller – Medium. (*Online*) (<https://imeldaazahraa.medium.com/kontrol-pid-proportional-integral-derivative-controller-c173086724af>) Diakses 10 Februari 2023

Indobot Update, 2022. Datasheet-nodemcu-esp8266. (Online). (Datasheet NodeMCU ESP8266 Lengkap dengan Pin dan Cara Akses - Kursus IoT Arduino Elektronika - Jual Arduino - Jual Kit Arduino - Jasa Arduino - Jasa IoT (indobot.co.id)). Diakses 26 Februari 2023

Keretalistik, 2016. Dunia Kereta-Motor Linear. (Online). (<http://www.keretalistik.com/2016/08/dunia-kereta-motor-linier.html>). Diakses 06 februari 2023.

Klinik, K., & Medik, R. (2013). *Kepaniteraan Klinik Rehabilitasi Medik*. April 2013.

Klinik Wijaya, 2000. Pusat Rehabilitasi stroke terapi Robotik. (Online). (Terapi Stroke di Jakarta Menggunakan Teknologi Robotik - Klinik Wijaya). Diakses 26 Februari.

Meidiana Gaghauna, E., Rahmat Santoso, B., Alfian, M. (2020). *Family Health Seek Behavior*. 11(2). <https://doi.org/10.33859/dksm.v11i2.644>.

Micro Robotics, 2021. Data Sheet Servo 3235-Robotics. (Online). (<https://www.robotics.org.za/DS3235-270>). Diakses pada 06 Februari 2023.

Mohannad Rawashdeh, 2023. Motor-Driver-BTS7960-43A/. (Online). (Motor Driver BTS7960 43A : 4 Steps - Instructables). Diakses 26 Februari 2023

Muhammad Iqbal, 2022. Mikrokontroler ESP32. (Online). (<https://miqbal.staff.telkomuniversity.ac.id/mikrokontroler-esp32/>). Diakses pada 16 Agustus 2023).

Nyebartilmu, 2017. cara-mengakses-keypad-menggunakan-arduino-uno. (Online). (<https://www.nyebartilmu.com/cara-mengakses-keypad-menggunakan-arduino-uno/>). Diakses pada 06 Maret 2023.

Pailan, A., Studi, P., Terapan, S., Mekatronika, T., Mesin, J. T., Negeri, P., & Pandang, U. (2022). *PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI LENGAN BAGI PENDERITA STROKE BERBASIS ARTIFICIAL INTELLIGENCE DAN INTERNET OF THINGS.*

Palungan, Mosa. 2021. "JEECAE-Analisa Balok Kantilever Dengan Beban Tidak Terbagi Merata." 6(2):51-55.

Petra, Universitas Kristen. 2011. "Universitas Kristen Petra." 1-6.

Putri Aprilia, 2021. Pengertian Flutter dan alasan flutter layak untuk dipakai. (Online). (<https://www.niagahoster.co.id/blog/pengertian-flutter/>). Diakses pada 17 Agustus 2023.

Renaë Stamp, 2019. Stroke centre to open at KEMH. (Online). (Stroke centre to open at KEMH - The Royal Gazette | Bermuda News, Business, Sports, Events, & Community ). Diakses 26 Februari 2023

Riyadina, W., & Rahajeng, E. (2013). Determinan Penyakit Stroke. *Kesmas: National Public Health Journal*, 7(7), 324. <https://doi.org/10.21109/kesmas.v7i7.31>

Sinau Programing, 2020. menampilkan-text-pada-lcd-16x2-arduino. (Online). (<https://www.sinauprograming.com/2020/10/menampilkan-text-pada-lcd-16x2-arduino.html>) Diakses pada 06 Maret 2023.

Syareza, S. R., Oktiasari, R., Madona, P., Susianti, E., & Sahar, M. (2018). *Alat Bantu Terapi Pasca Stroke Untuk Tangan*. 4(1), 27-36.

Texas Instrumen. (2016). PCF8574. (Online). (<https://www.ti.com/document-viewer/pcf8574/datasheet>). Diakses pada 18 Agustus 2023



Wangania, Syaloomitha Fransisca. 2021. Karya Ilmiah Push Button. PolteknikNegeri Manado-Slideshare.(Online) (<https://www.slideshare.net/SyaloomithaFWangania/tugas-karya-ilmiah-syaloomitha-f-wangania-20023102-2-t13-d4>) Diakses 06 Februari 2023

Wardhani, N. R., & Martini, S. (2014). Faktor yang berhubungan dengan pengetahuan tentang stroke pada pekerja institusi pendidikan tinggi. *Universitas Airlangga*, 2, 13–23. <https://e-journal.unair.ac.id/JBE/article/download/149/23>



## LAMPIRAN

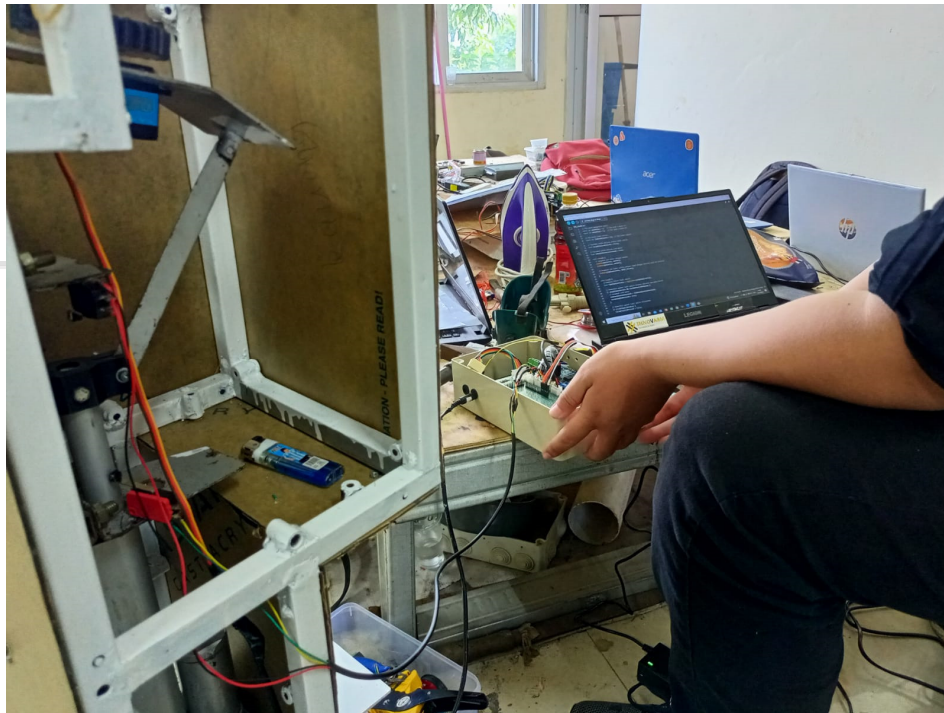
Lampiran 1 Hasil Pengerjaan mekanik



Lampiran 2 Hasil perakitan Sistem Elektronik



### Lampiran 3 Pengujian Program



### Lampiran 4 Program Aplikasi

```
File Edit Selection View Go Run Terminal Help
home_page.dart - arm_health_rev - Visual Studio Code (Administrator)
EXPLORER
  OPEN EDITORS
  home_page.dart X
  ARM HEALTH REV
    dart_tool
    .vs
    .vscode
    android
    assets/images
    build
    ios
    lib
    config
    asset.dart
    color.dart
    route.dart
    session.dart
    controller
    model
    page
    home_page.dart
    login_page.dart
    register_page.dart
    splash_page.dart
    source
    firebase_options.dart
    main.dart
    linux
    macos
    test
    web
  OUTLINE
  TIMELINE
  DEPENDENCIES
  JAVA PROJECTS
  home_page.dart X
  1 //import 'package:arm_health_rev/controller/patient_controller.dart';
  2 import 'package:flutter/material.dart';
  3 import 'package:get/get.dart';
  4 import '../config/asset.dart';
  5 import '../config/color.dart';
  6 import '../controller/newpatient_controller.dart';
  7
  8 class HomePage extends StatefulWidget {
  9   const HomePage({super.key});
  10
  11   @override
  12   State<HomePage> createState() => _HomePageState();
  13 }
  14
  15 class _HomePageState extends State<HomePage> {
  16   final PatientController patientController = Get.put(PatientController());
  17   final PatientController patientController2 = Get.find();
  18   final GlobalKey<FormState> formKey = GlobalKey<FormState>();
  19   TextEditingController patientName = TextEditingController();
  20   TextEditingController age = TextEditingController();
  21   TextEditingController bloodPressure = TextEditingController();
  22
  23   // submit data
  24   String? patientName1;
  25   int? age1 = int.parse('');
  26   String? bloodPressure1 = bloodPressure.text;
  27   Map<String, dynamic> data = {
  28     "patient_name": patientName1,
  29     "age": age1,
  30     "blood_pressure": bloodPressure1,
  31   };
  32   patientController2.submit(data);
  33
  34   patientName.clear();
  35   age.clear();
  36   bloodPressure.clear();
  37 }
  38
```

Lampiran 5 Kartu Asistensi Dosen Pembimbing



JURUSAN TEKNIK MESIN  
PROGRAM STUDI SI TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI  
DENGAN BAGI PENDERITA STROKE DENGAN  
KONTROL *PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE*  
BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Nama : 1. Ahmad Rival Fahrudin 444 19 027  
2. Andi Awal Muhajir 444 19 031

Kelas : 4B Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Dr.Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., PG.Dipl., M.Eng.

Dosen Pembimbing II : Mukhtar, S.Pd., M.Eng.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	22/03/2023	Asistensi I	- Tambahkan desain Elektronika dan desain mekanik pada slide - Maksimalkan RAB	<i>AK</i>
2	04/05/2023	Asistensi II	- Perhitungan massa alat - Perbaiki desain mekanik	<i>AK</i>
3	27/05/2023	Seminar Progres IV	- Percebt Pengerjaan alat	<i>AK</i>
4	29/05/2023	Asistensi	- Rancangan pembuatan cover	<i>AK</i>



JURUSAN TEKNIK MESIN  
PROGRAM STUDI SI TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR

5	26/06/2023	Seminar Progres	- buce kode elektrisitas - tambahan saran pengembangan pada alat	AE
6	11/07/2023	Seminar Progres	- persediaan progresan alat - persediaan pembelian alat	AE
7	15/08/2023	Asistensi	- Lempari alat - Perbaikan dan pengerjaan mekanik	AE
8	18/08/2023	Asistensi	Ace untuk ujian	AE
9				
10				

Disahkan, 18 Agustus 2023  
Dosen Pembimbing I

**Dr. Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., PG.Dipl., M.Eng.**  
NIP. 19750402 20031212 1 002



Lampiran 6 Kartu Asistensi Dosen Pembimbing 2



JURUSAN TEKNIK MESIN  
 PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA  
 POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
 MAKASSAR

KARTU ASISTENSI

Judul Tugas Akhir : PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI  
 DENGAN BAGI PENDERITA STROKE DENGAN  
 KONTROL *PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE*  
 BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Nama : 1. Ahmad Rival Fahrudin 444 19 027  
 2. Andi Awal Muhajir 444 19 031

Kelas : 4B Teknik Mekatronika

Dosen Pembimbing I : Dr.Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., PG.Dipl., M.Eng.

Dosen Pembimbing II : Mukhtar, S.Pd., M.Eng.

No	Tanggal	Kegiatan	Uraian/Revisi	Paraf Pembimbing
1	23/03/2023	Asistensi I	- Tambahkan desain elektronik dan menaruh foto slide - Mansimaluan RAB	
2	25/03/2023	Asistensi II	- RAB dimansimaluan lagi	
3	27/03/2023	Asistensi	- buat tampilan untuk user & admin - perbaikan desain halaman login	
4	29/03/2023	Asistensi	- Rancangan pembuatan cover	



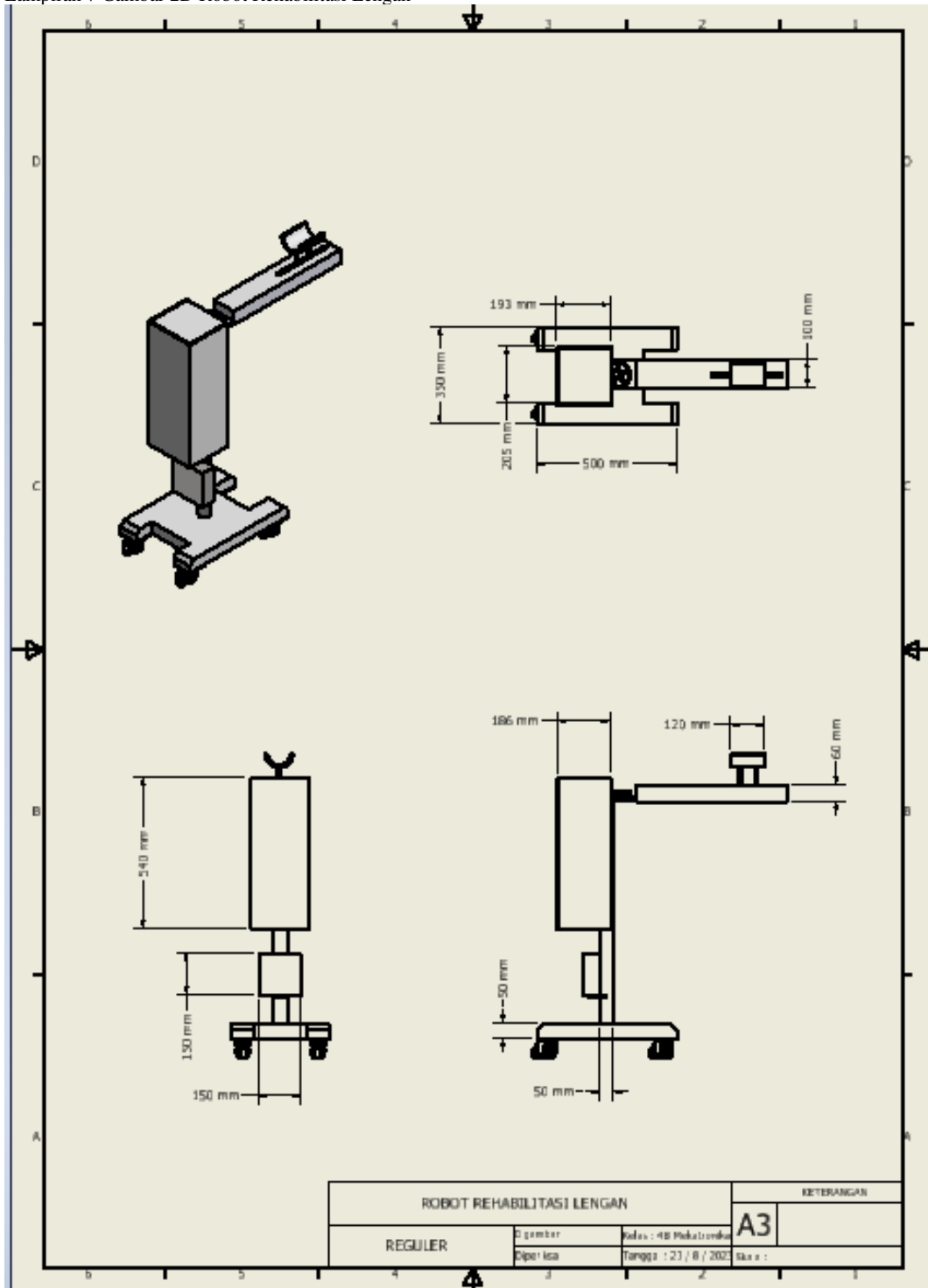
JURUSAN TEKNIK MESIN  
PROGRAM STUDI SI TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR

5	29/01/2023	Asistensi	- Konsultasi Pembuatan device	
6	11/07/2023	Asistensi	- Pembuatan Aplikasi Mobile dan desain	
7	10/08/2023	Asistensi	- Perbaiki Rangkaian dan Revisi - Pembuatan sistem PID dan Perbaikan sistem PID	
8	14/08/2023	Asistensi	- Perbaiki dan rapikan tulisan sesuai padoman	
9	18/08/2023	Asistensi	Aso y Ujan	
10				

Disahkan, 18 Agustus 2023  
Dosen Pembimbing II

**Mukhtar, S.Pd., M.Eng.**  
NIP. 19880525 201903 1 013

Lampiran 7 Gambar 2D Robot Rehabilitasi Lengan





Lampiran 8 List Program Arduino

```
#include <WiFi.h>
#include <FirebaseESP32.h>
#include <Keypad_I2C.h>
#include <Keypad.h>
#include <Servo.h>
//<=====set keypad=====>

const byte ROWS = 4; // empat rows
const byte COLS = 4; // empat columns
char keys[ROWS][COLS] = {
  {'1', '2', '3', 'A'},
  {'4', '5', '6', 'B'},
  {'7', '8', '9', 'C'},
  {'*', '0', '#', 'D'}
};
byte rowPins[ROWS] = {4, 6, 5, 7};
byte colPins[COLS] = {0, 1, 2, 3};
int I2CADDR = 0x20; // alamat PCF8574, semua pin A0 - A2 ke Ground.
Keypad_I2C keypad( makeKeymap(keys), rowPins, colPins, ROWS, COLS,
I2CADDR, PCF8574 );
//<=====
=====>
// <=====Firebase Authentication=====>

#define FIREBASE_HOST "armbot-apps-default-rtdb.firebaseio.com"
#define FIREBASE_AUTH
"AIzaSyCraM8IBvKCrTLSPuQwmB58NJdUOoJgK7I"

//<=====
=====>
```

```

// <=====Wi-Fi credentials=====>

#define WIFI_SSID "Achmad_Rival27"
#define WIFI_PASSWORD "fachrudin27"

//<=====
=====>

String patient_name = "";
String blood_pressure = "";
String training_type = "";
String muscle_strength = "";
//<=====Initialize Firebase ESP32 client=====>
FirebaseData firebaseData;
//<=====
=====>

bool dataReceivingEnabled = false;
bool dataReceivedAndSaved = false;
bool servoMoving = false;
bool saklar = false;

Servo myservo;
int siklus = 0;
const int maxSiklus = 8;
int pos = 90;

//<=====MOTOR1=====
=====>

#define pwm1 13
#define pwm2 14
#define pwm3 23
#define pwm4 4

```

```

//<=====LCD=====
>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

//<=====SENSOR=====
====>

#define echo 35      // CHANGE PIN NUMBER HERE IF YOU WANT TO
USE A DIFFERENT PIN

#define trig 33     // CHANGE PIN NUMBER HERE IF YOU WANT TO
USE A DIFFERENT PIN

#define echo1 34    // CHANGE PIN NUMBER HERE IF YOU WANT
TO USE A DIFFERENT PIN

#define trig1 32

long duration, duration1;
int jarak, jarak1;
int i = 0;

void receiveData() {
  // Read data from Firebase

  if (Firebase.getString(firebaseData, "/Patient/muscle_strength")) {
    if (firebaseData.dataType() == "string") {
      muscle_strength = firebaseData.stringData();

      Serial.println("Muscle Strength: " + String(muscle_strength));
    }
  }

  if (Firebase.getString(firebaseData, "/Patient/training_type")) {
    if (firebaseData.dataType() == "string") {
      training_type = firebaseData.stringData();

```

```

    Serial.println("Training Type: " + String(training_type));
  }
}
delay(1000); // Delay between reads
}

```

```

void connectWiFi() {
  // Connect to Wi-Fi
  WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
  {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi...");
  }
  Serial.println("Connected to WiFi");
}

```

```

void readSensor() {
  digitalWrite(trig, 0);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trig, 1);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trig, 0);

```

```

  delayMicroseconds(2);

```

```

  duration = pulseIn(echo, HIGH);

```

```

  jarak = duration * 0.0343 / 2;

```

```

  Serial.println(jarak);

```

```
delay(50);  
}
```

```
void readSensor1() {  
  digitalWrite(trig1, 0);  
  delayMicroseconds(2);  
  digitalWrite(trig1, 1);  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(trig1, 0);  
  delayMicroseconds(2);
```

```
  duration1 = pulseIn(echo1, HIGH);  
  jarak1 = duration1 * 0.0343 / 2;  
  Serial.println(jarak1);  
  delay(50);  
}
```

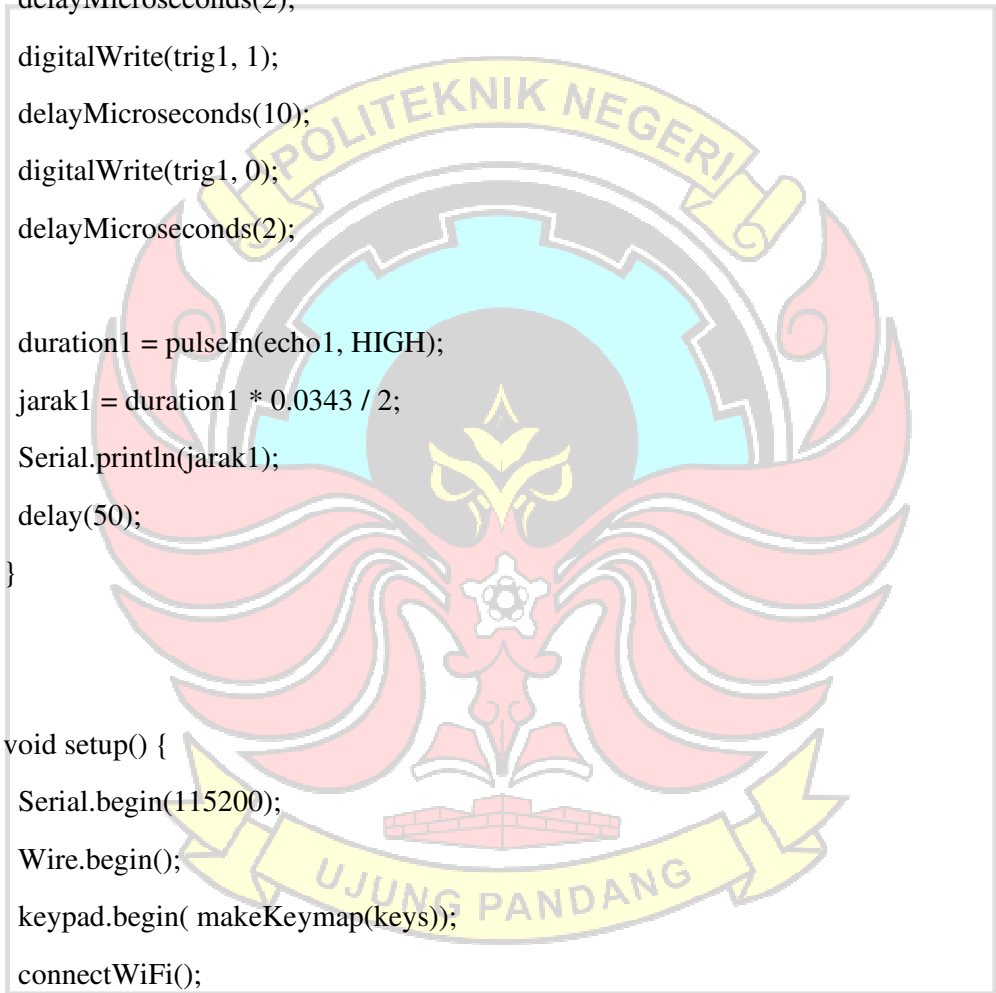
```
void setup() {  
  Serial.begin(115200);  
  Wire.begin();  
  keypad.begin( makeKeymap(keys));  
  connectWiFi();
```

```
  // Initialize Firebase
```

```
  Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
```

```
  myservo.attach(25);
```

```
  myservo.write(90);
```



```

//<=====MOTOR1=====
====>

pinMode(pwm1, OUTPUT);
pinMode(pwm2, OUTPUT);
pinMode(pwm3, OUTPUT);
pinMode(pwm4, OUTPUT);

//<=====Sensor=====
==>
pinMode(trig, OUTPUT); // set pin trig menjadi OUTPUT
pinMode(echo, INPUT);
pinMode(trig1, OUTPUT); // set pin trig menjadi OUTPUT
pinMode(echo1, INPUT);

//<=====Servo=====
=>
myservo.attach(25);
myservo.write(pos);

//<=====LCD=====
>
lcd.init();

lcd.clear();

lcd.backlight();

lcd.setCursor(6, 0); //Set cursor to character 2 on line 0
lcd.print("WELCOME!");

```

```
lcd.setCursor(3, 2); //Move cursor to character 2 on line 1
lcd.print("ARMBOT HEALTH");
}
```

```
void loop() {
  readSensor();
  readSensor1();
  char key = keypad.getKey();
  if (key == 'A') {
    receiveData();
    saklar = true;
  }

  //MOTOR ATAS//
  if (key == '0') {
    analogWrite(pwm1, 0);
    analogWrite(pwm2, 0);
    analogWrite(pwm3, 0);
    analogWrite(pwm4, 0);
  }
  if (key == '2') {
    analogWrite(pwm1, 0);
    analogWrite(pwm2, 230);
  }

  if (key == '8') {
    analogWrite(pwm1, 230);
    analogWrite(pwm2, 0);
  }
}
```



```

//MOTOR BAWAH//
if (key == '3') {
    analogWrite(pwm3, 0);
    analogWrite(pwm4, 230);
}

if (key == '9') {
    analogWrite(pwm3, 230);
    analogWrite(pwm4, 0);
}

while (muscle_strength == "1" && training_type == "Shoulder" && saklar) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); //Set cursor to character 2 on line 0
    lcd.print("MUSCLE STRENGTH :");
    lcd.setCursor(0, 1); //Move cursor to character 2 on line 1
    lcd.print("1");
    lcd.setCursor(0, 2); //Set cursor to character 2 on line 0
    lcd.print("TRAINING TYPE:");
    lcd.setCursor(0, 3); //Move cursor to character 2 on line 1
    lcd.print("Shoulder");

if (jarak <= 4) {
    analogWrite(pwm3, 230);
    analogWrite(pwm4, 0);
    // aktif = true;
}
}

```



```

if (jarak >= 7) {
    analogWrite(pwm3, 0);
    analogWrite(pwm4, 230);
    delay(7000);
    i = i + 1;
    Serial.print("Perulangan");
    Serial.println(i);
}
if (i == 8 && jarak == 4) {
    analogWrite(pwm3, 0);
    analogWrite(pwm4, 0);
    i = 0;
    saklar = false;
    break;;
}
break;
}

while (muscle_strength == "1" && training_type == "Elbow" && saklar) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); //Set cursor to character 2 on line 0
    lcd.print("MUSCLE STRENGTH:");
    lcd.setCursor(0, 1); //Move cursor to character 2 on line 1
    lcd.print("1");
    lcd.setCursor(0, 2); //Set cursor to character 2 on line 0
    lcd.print("TRAINING TYPE:");
    lcd.setCursor(0, 3); //Move cursor to character 2 on line 1
    lcd.print("Elbow");

```

```

if (jarak1 >= 18) {
    analogWrite(pwm1, 230);
    analogWrite(pwm2, 0);
    delay(4000);
    i = i + 1;

```

```

    Serial.print("Perulangan");
    Serial.println(i);
    // aktif = true;
}
if (jarak1 <= 12) {
    analogWrite(pwm1, 0);
    analogWrite(pwm2, 230);
}

if (i == 8 && jarak1 == 12) {
    analogWrite(pwm1, 0);
    analogWrite(pwm2, 0);
    i = 0;
    saklar = false;
    break;;
}
break;

```

```

while (muscle_strength == "1" && training_type == "Upper Hand" && saklar) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); //Set cursor to character 2 on line 0

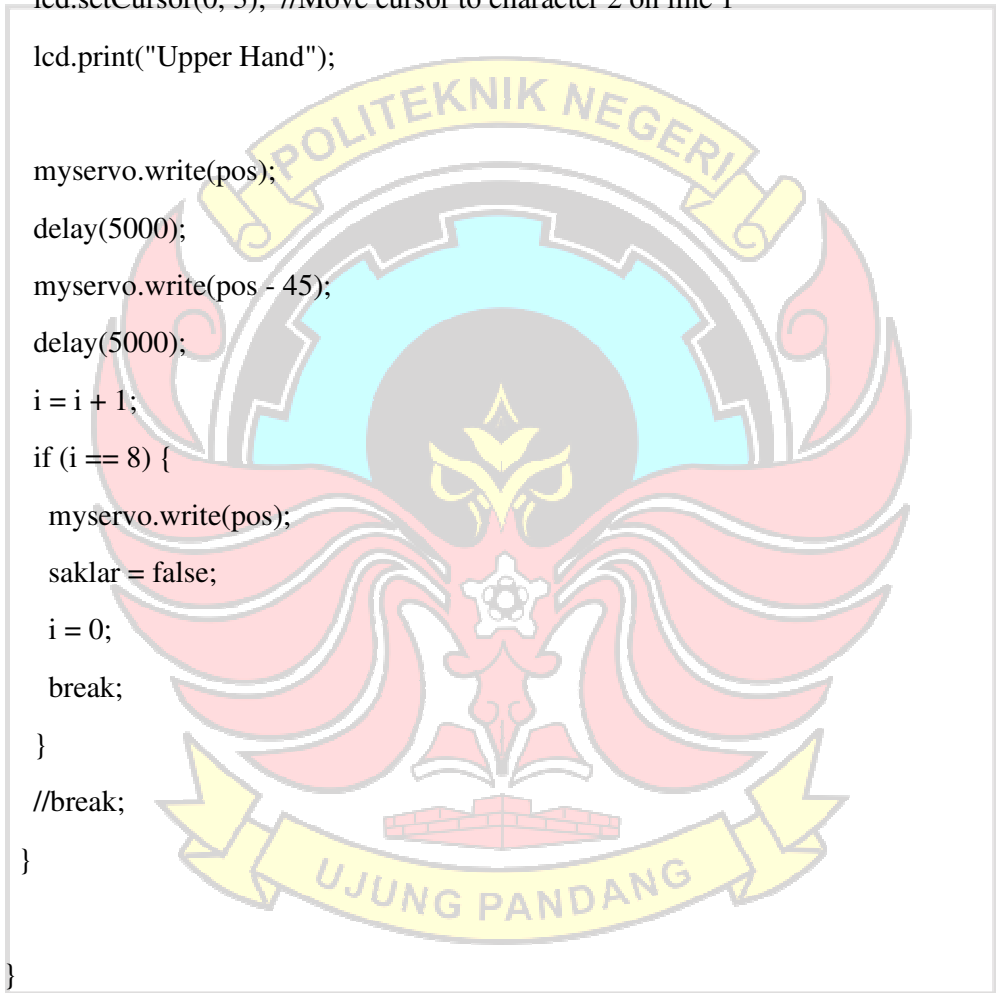
```

```
lcd.print("MUSCLE STRENGTH :");  
lcd.setCursor(0, 1); //Move cursor to character 2 on line 1  
lcd.print("1");  
lcd.setCursor(0, 2); //Set cursor to character 2 on line 0  
lcd.print("TRAINING TYPE:");  
lcd.setCursor(0, 3); //Move cursor to character 2 on line 1
```

```
lcd.print("Upper Hand");
```

```
myservo.write(pos);  
delay(5000);  
myservo.write(pos - 45);  
delay(5000);  
i = i + 1;  
if (i == 8) {  
  myservo.write(pos);  
  saklar = false;  
  i = 0;  
  break;  
}  
//break;  
}
```

```
}
```



Lampiran 9 List Program dengan control PID

/\* CATATAN:

1. Nilai kp, ki, & kd tentukan sendiri
2. setiap upload nilai berbeda salin hasil pembacaan ke excel/google sheet
3. Sp = set point, yg mana set point motor bawah 4&7, motor atas 12 & 24

\*/

```
//-----Driver Motor IBT
SETUP-----//
#define pwm1 13
#define pwm2 14
//-----Driver Motor IBT
SETUP-----//

#define echo 35 // CHANGE PIN NUMBER HERE IF YOU WANT TO
USE A DIFFERENT PIN
#define trig 33 // CHANGE PIN NUMBER HERE IF YOU WANT TO
USE A DIFFERENT PIN

long duration;
long dist;

//====FOR=PID====//
const float kp = 130;//20
const float ki = 50;//120
const float kd = 0;//1.5

float last_error;

float Error;

float time_samp = 1; //in milisecond

float mv;
```

```
int Sp = 12;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(115200);
```

```
  //-----DRIVER MOTOR IBT  
  SETUP-----//  
  pinMode(pwm1, OUTPUT);  
  pinMode(pwm2, OUTPUT);  
  //-----HC-SR04-----//  
  pinMode(trig, OUTPUT); // set pin trig menjadi OUTPUT  
  pinMode(echo, INPUT);  
}  
  
//====FOR=READ=SENSOR====//  
void ReadSensor() {  
  delay(50);  
  digitalWrite(trig, 0);  
  delayMicroseconds(2);  
  digitalWrite(trig, 1);  
  delayMicroseconds(10);  
  digitalWrite(trig, 0);  
  delayMicroseconds(2);
```

```
  duration = pulseIn(echo, HIGH);
```

```
  dist = duration * 0.0343 / 2;
```

```
  // Level = MAX_DISTANCE - sonar.ping_cm();
```

```
  //Serial.print("Distance before : ");
```

```

// Serial.println(dist);
// Serial.println(" cm");
// Serial.print("Distance level: ");
// Serial.print(Level);
// Serial.println(" cm");
// percentage = (Level / MAX_DISTANCE) * 100;
// Serial.print("Percentage : ");
// Serial.print(percentage);
// Serial.println(" %");
}

void pid() {

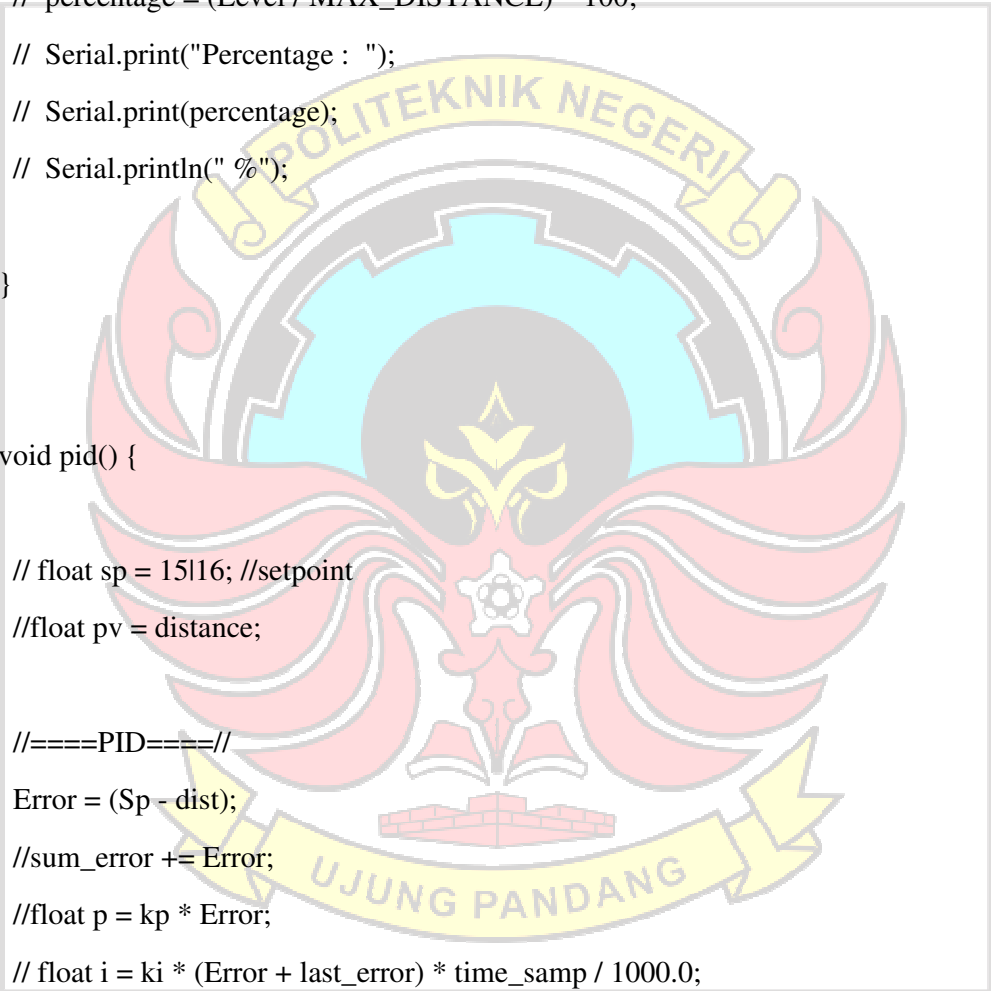
// float sp = 15116; //setpoint
//float pv = distance;

//====PID====//
Error = (Sp - dist);
//sum_error += Error;
//float p = kp * Error;
// float i = ki * (Error + last_error) * time_samp / 1000.0;
// float d = kd * (Error - last_error) * 1000.0 / time_samp;

last_error = Error;

//float mv = p + i + d;

```



```
//mv = (kp*Error)+ki*(Error+last_error)*time_samp + (kd/time_samp)*(Error - last_error);//====>ok
```

```
mv = (kp * Error) + (ki * (Error + last_error) * time_samp / 1000.0) + (kd * (Error - last_error) * 1000 / time_samp);
```

```
//last_error = Error;
```

```
// Serial.println(mv);
```

```
if (mv > 255) {
```

```
    mv = 255;
```

```
}
```

```
if (mv < -255) {
```

```
    mv = -255;
```

```
}
```

```
//Serial.print("Error = ");
```

```
//Serial.println(Error);
```

```
//Serial.print("mv = ");
```

```
//Serial.println(mv);
```

```
//====END=PID====//
```

```
if (mv < 0) {
```

```
    analogWrite (pwm1, -mv);
```

```
    analogWrite (pwm2, 0);
```

```
// digitalWrite(EN_R, HIGH);
```

```
// ledcWrite(ch2, -mv);
```

```
// ledcWrite(ch1, 0);
```

```
}
```

```
else {
```

```
    analogWrite (pwm1, 0);
```

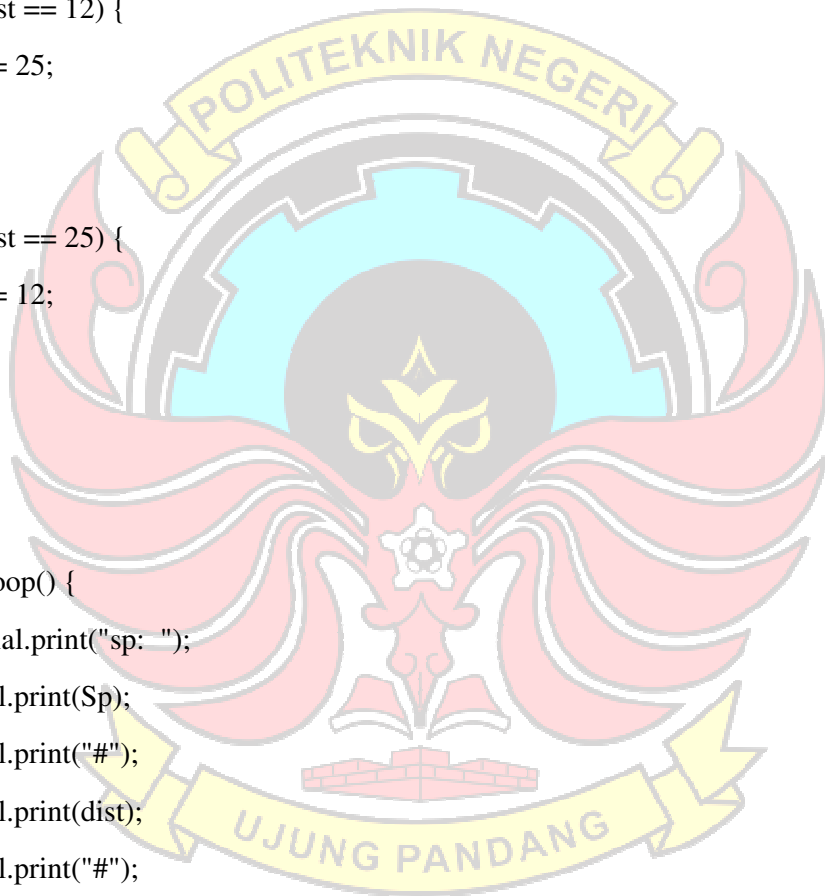


```
analogWrite (pwm2, mv);  
// digitalWrite(EN_L, HIGH);  
// ledcWrite(ch2, 0);  
// ledcWrite(ch1, mv);  
}
```

```
if (dist == 12) {  
    Sp = 25;  
}  
  
if (dist == 25) {  
    Sp = 12;  
}  
}  
  
void loop() {  
    //Serial.print("sp: ");  
    Serial.print(Sp);  
    Serial.print("#");  
    Serial.print(dist);  
    Serial.print("#");  
    Serial.println(mv);
```

```
    ReadSensor();  
    pid();
```

```
}
```



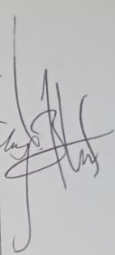




LAMPIRAN BERITA ACARA PELAKSANAAN  
UJIAN SIDANG SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Ahmad Rival Fahrudin / Andi Awal muhajir

NIM : 444 19 027 / 444 19 031

Catatan/Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama Dosen	Uraian	Tanda Tangan
1	Ahmad Zubair	<ul style="list-style-type: none"> <li>2.7 &amp; 2.8 → disatukan</li> <li>metode pengujian bangsa dipolatkan ke pengujian</li> <li>perbaiki ringkasan</li> <li>Rumus lingkup: pmsz diperbaiki</li> <li>point 1 → perbaiki kalimat</li> <li>point 2 → perbaiki</li> <li>font 12 → perbaiki pd. tabel</li> <li>hal. 29 → kepingan → referensi</li> <li>hal. 46 → perhitungan torsi 7.</li> </ul>	
2	Paisal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ring pulan → stasi pulan</li> <li>hal 19-20 → motor tidak berputar?</li> <li>Revisi Camshaft beam</li> <li>hal. 40 → Gbr tanpa nomor</li> <li>hal. 46 → sama torsi</li> <li>hal. 53</li> <li>Daftar pustaka → dipakei sama?</li> <li>bagian pulan belum ada di daftar pustaka</li> </ul>	
3	Emon	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perbaiki gambar Torsi</li> <li>perbaiki alat sampai lengkap</li> </ul>	
4	Lewi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ring pulan diperbaiki</li> <li>Sesuai tujuan</li> </ul>	