

PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI LENGAN BAGI
PENDERITA STROKE BERBASIS *ARTIFICIAL INTELLIGENCE*
DAN *INTERNET OF THINGS*



SKRIPSI

ANDRONIKUS PAILAN 444 18 006
ANDI MUHAMMAD RIZKY RAMADHAN 444 18 005

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNIK MEKATRONIKA
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2022

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke Berbasis *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things*” oleh Andronikus Pailan NIM 444 18 006 dan Andi Muhammad Rizky Ramadhan NIM 444 18 005 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, Agustus 2022

Pembimbing I



Ir. Lewi, M.T.
NIP. 19650913 199103 1 006

Pembimbing II,



Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T
NIP. 19590913 198803 1 001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi D4 Teknik Mekatronika



Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T
NIP. 19590913 198803 1 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, hari tanggal Agustus 2022, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima skripsi mahasiswa: Andronikus Pailan NIM 444 18 006 dan Andi Muhammad Rizky Ramadhan NIM 444 18 005 dengan judul: “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke Berbasis *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things*”

Makassar, Agustus 2022

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

- | | | |
|--|------------|----------------------|
| 1. Dr. Eng. Abdul Kadir Muhammad, S.T., M.Eng. | Ketua | (<i>Abu Kadir</i>) |
| 2. Ir. Remigius Tandioga, M.Eng.Sc. | Sekretaris | (<i>Remigius</i>) |
| 3. Dr. Eng. Akhmad Taufik, S.T., M.T. | Anggota | (<i>Akhmad</i>) |
| 4. Dr. Eng. Arman, S.T., M.T. | Anggota | (<i>Arman</i>) |
| 5. Dr. Ir. Simon Kaka, M.T. | Anggota | (<i>Simon</i>) |
| 6. Ir. Lewi, M.T. | Anggota | (<i>Lewi</i>) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulisan skripsi ini, yang berjudul “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things*” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun berdasarkan pengerjaan tugas akhir yang telah penulis lakukan selama kurang lebih enam bulan. Pengerjaan tugas akhir dan penyusunan skripsi ini penulis lakukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan D-4 Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Skripsi ini dapat kami susun dengan baik karena adanya masukan dan dukungan dari berbagai pihak, baik yang berupa informasi, arahan dan bimbingan., oleh karena itu penulis mengucapkan sebanyak-banyaknya terima kasih kepada:

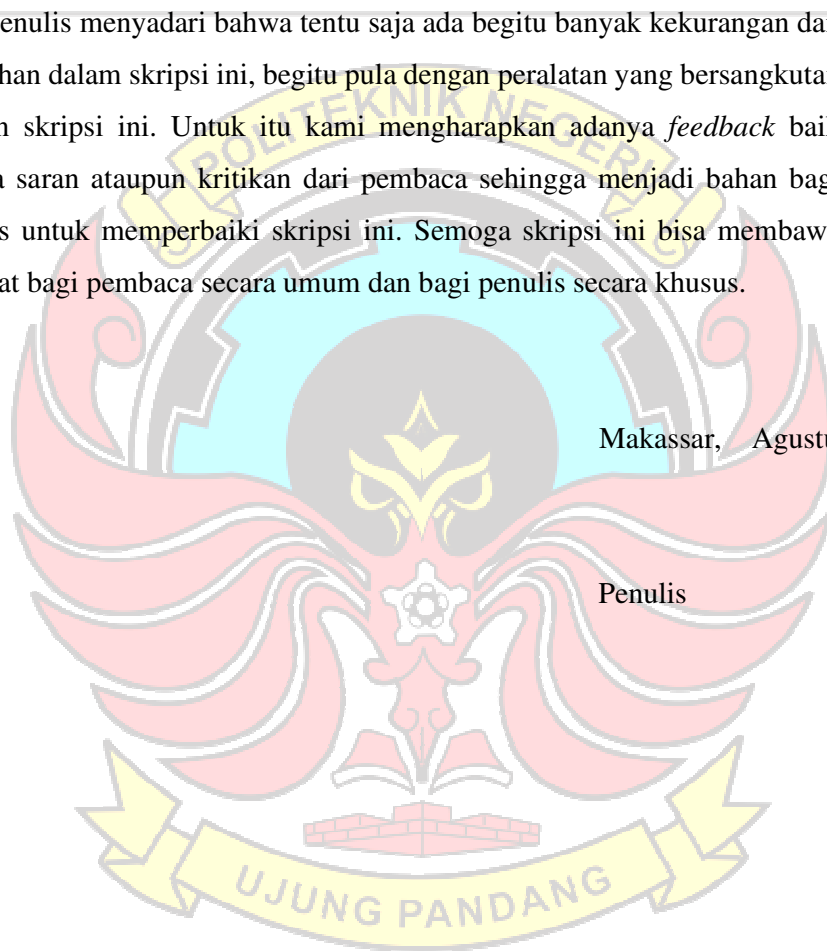
1. Tuhan YME yang telah memberikan rahmat, ilmu, Kesehatan dan perlindungan kepada penulis selama mengerjakan skripsi hingga saat ini.
2. Ibu dan ayah yang sangat penulis cintai, tidak terkira banyaknya dukungan dan doa yang diberikan kepada penulis.
3. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, M.Si., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Bapak Rusdi Nur, S.S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin. Bapak
5. Dr. Ir. Simon Ka’Ka, M.T., selaku Koordinator Program Studi Teknik Mekatronika sekaligus selaku pembimbing II .
6. Bapak Ir. Lewi, M.T., selaku pembimbing I. Begitu banyak bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
7. Dosen dan Tenaga Kependidikan Politeknik Negeri Ujung Pandang.

8. Teman-teman seperjuangan dari Teknik Mekatronika yang telah banyak meluangkan waktu dan kesempatan untuk membantu dan mendukung proses pengerjaan tugas akhir serta skripsi penulis.
9. Pihak-pihak yang secara langsung maupun tidak yang telah memberikan kontribusi dalam proses pengerjaan tugas akhir serta skripsi penulis.

Penulis menyadari bahwa tentu saja ada begitu banyak kekurangan dan kesalahan dalam skripsi ini, begitu pula dengan peralatan yang bersangkutan dengan skripsi ini. Untuk itu kami mengharapkan adanya *feedback* baik berupa saran ataupun kritikan dari pembaca sehingga menjadi bahan bagi penulis untuk memperbaiki skripsi ini. Semoga skripsi ini bisa membawa manfaat bagi pembaca secara umum dan bagi penulis secara khusus.

Makassar, Agustus 2022

Penulis



DAFTAR ISI

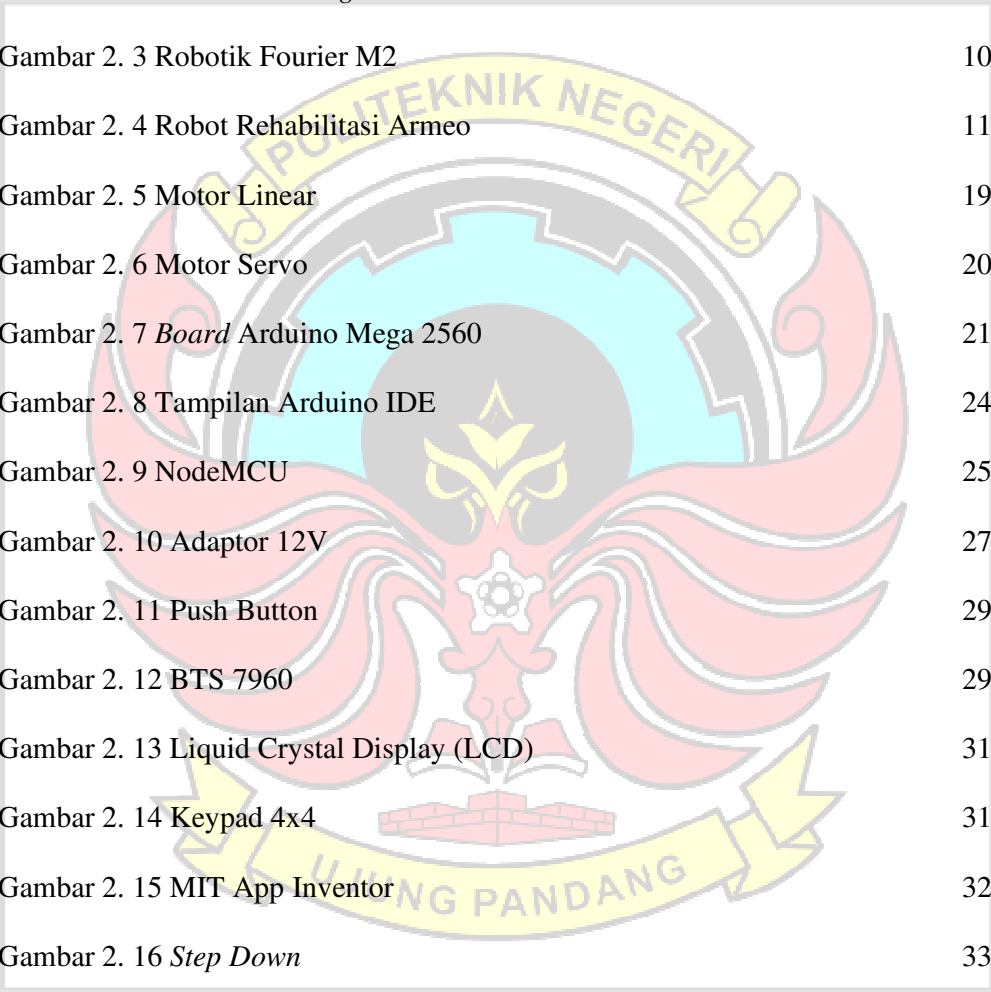
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1	5
2.2 Stroke	5
2.3 Rehabilitasi Medik	7
2.4 Robot Rehabilitasi Stroke	9

2.5	12	
2.6	15	
2.7	Komponen Mekanik	18
2.8	Komponen Elektronik	20
2.9	Penelitian Sebelumnya	33
BAB III METODE PENELITIAN		36
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	36
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	36
3.3	Metode Perancangan	38
3.4	Studi Literatur	39
3.5	Perancangan Perangkat Keras	39
3.6	Perancangan Perangkat Lunak	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Hasil Penelitian	46
4.2	Pembahasan	64
BAB V PENUTUP		67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Roadmap</i> Pengembangan Alat	5
Tabel 2. 2 <i>Upper Extremity</i> untuk <i>Flexi</i> dan <i>Extensi</i>	11
Tabel 2. 3 <i>Upper Extremity</i> untuk Horizontal <i>Adduksi</i> dan <i>Abduksi</i>	12
Tabel 2. 4 Selang Waktu Pola Pelatihan Pasien <i>Stroke</i>	12
Tabel 2. 5 Spesifikasi Motor Servo	20
Tabel 2. 6 Deskripsi Arduino Mega 2560	21
Tabel 3. 1 Alat yang Dibutuhkan	36
Tabel 3. 2 Komponen yang dibutuhkan	37
Tabel 4. 1 Bagian-bagian robot rehabilitasi lengan	47
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengujian Motor Servo	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Penyebab Stroke	6
Gambar 2. 2 Stroke <i>Hemoragik</i> dan Stroke <i>Iskemik</i>	7
Gambar 2. 3 Robotik Fourier M2	10
Gambar 2. 4 Robot Rehabilitasi Armeo	11
Gambar 2. 5 Motor Linear	19
Gambar 2. 6 Motor Servo	20
Gambar 2. 7 <i>Board</i> Arduino Mega 2560	21
Gambar 2. 8 Tampilan Arduino IDE	24
Gambar 2. 9 NodeMCU	25
Gambar 2. 10 Adaptor 12V	27
Gambar 2. 11 Push Button	29
Gambar 2. 12 BTS 7960	29
Gambar 2. 13 Liquid Crystal Display (LCD)	31
Gambar 2. 14 Keypad 4x4	31
Gambar 2. 15 MIT App Inventor	32
Gambar 2. 16 <i>Step Down</i>	33
	
Gambar 3. 1 <i>FlowChart</i> Sistem Perancangan	38
Gambar 3. 2 Rancangan Robot Rehabilitasi Lengan	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 3 Bagan-bagan motor linear	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 4 Transmisi Roda gigi lurus	Error! Bookmark not defined.

Gambar 3. 5 Transmisi Roda Gigi pada Adduksi Horizontal	42
Gambar 3. 6 Skema Rangkaian Elektronik Robot Rehabilitasi Lengan	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 3. 7 Diagram Alir Sistem Pergerakan	45
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Mekanik	46
Gambar 4. 2 Motor Linear Adduksi Vertikal	48
Gambar 4. 3 Rangkaian dan Komponen Elektronik	49
Gambar 4. 4 Tampilan Depan <i>Box Panel Controller</i>	49
Gambar 4. 5 <i>Wiring</i> Komunikasi Serial Arduino Mega dan NodeMCU	50
Gambar 4. 6 <i>Wiring</i> Motor dan Arduino Mega	50
Gambar 4. 7 <i>Limit Switch</i> dan Arduino Mega	51
Gambar 4. 8 <i>Button</i> dan Arduino Mega	51
Gambar 4. 9 <i>Keypad</i> , LCD, dan Arduino Mega	52
Gambar 4. 10 <i>Layout</i> papan PCB	52
Gambar 4. 11 Tampilan Aplikasi	54
Gambar 4. 12 <i>Safety Factor</i> pada penopang lengan	56
Gambar 4. 13 Pengujian batas maksimum beban pada <i>gear</i>	57
Gambar 4. 14 Hasil Grafik pengujian sistem <i>gear</i>	57
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan antara Beban yang dapat Ditahan dengan Tegangan	59
Gambar 4. 16 Aplikasi mengirim data ke <i>Firebase</i>	60
Gambar 4. 17 Aplikasi mengirim data ke <i>Google Spreadsheet</i>	61
Gambar 4. 18 Tampilan data dari <i>Firebase</i> ke NodeMCU	61

Gambar 4. 19 Tampilan data dari NodeMCU diserialkan ke Arduino Mega	62
Gambar 4. 20 Sistem Kontrol	63
Gambar 4. 21 Diagram Kerja Sistem	Error! Bookmark not defined.

PENGEMBANGAN ROBOT REHABILITASI LENGAN BAGI PENDERITA STROKE BERBASIS *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DAN *INTERNET OF THINGS*

RINGKASAN

Pola hidup masyarakat yang semakin modern telah menuntut keinginan menyelesaikan suatu permasalahan dengan cepat dan instan dalam kehidupan sehari-hari namun tanpa kita sadari proses suatu pengembangan pada dasarnya dapat menimbulkan efek samping dalam hal ini adalah kesehatan. Oleh karena itu, perubahan pola hidup yang terjadi akibat mengembangkan segalanya jadi lebih instan tersebut tidak dapat dikesampingkan akan timbulnya penyakit pada manusia salah satunya *Cerebrovascular Accident (CVA)* yang lazimnya disebut stroke. Seiring berkembangnya teknologi di dunia ini, banyak sekali industri yang mengembangkan robot berdasarkan kontribusinya di bidang-bidang tertentu, terutama bidang kesehatan dan teknologi. Salah satunya robot rehabilitasi stroke pada anggota tubuh contohnya lengan. Pada tahun 2021 telah ada pengembangan robot rehabilitasi lengan bagi penderita stroke dengan sistem *Internet of Things* sehingga lebih memudahkan dalam proses pelatihan pasien. Namun robot rehabilitasi yang telah di buat memerlukan pengembangan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan robot rehabilitasi lengan tahun 2021 pada bagian mekanik serta penggunaan sistem *Artificial Intelligence*. Berdasarkan tujuan mengembangkan pada bagian mekanik, pengembangan dilakukan dengan mengganti motor power window pada aktuator Adduksi Vertikal menjadi motor linear. Selain itu, sistem transmisi pada pergerakan Adduksi Horizontal dikembangkan dengan menggunakan *gear* plastik berbahan PLA (*Polylactic Acid*). Pada bagian sistem, *Artificial Intelligence* diterapkan sehingga robot dapat bergerak dan melatih pasien secara mandiri.

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat di simpulkan desain dengan menggunakan linear pada gerakan Adduksi Vertikal dapat mengoptimalkan pergerakan motor, namun beban yang dapat ditahan masih belum optimal dikarenakan desain alat yang perlu lebih diperhitungkan. Penggunaan *gear* plastik berbahan PLA (*Polylactic Acid*) juga dapat membuat pergerakan motor Adduksi Horizontal dapat lebih baik lagi pada tegangan 8,4-8,6V. Namun dikarenakan aktuator yang masih menggunakan motor servo, beban yang dapat ditahan belum optimal. Penggunaan sistem *Artificial Intelligence* membuat pengamatan pada alat jauh lebih mudah dan lebih efisien, namun karena penerapan *Emergency Stop* belum dilakukan, maka masih perlu dipantau secara manual agar dapat menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.

DEVELOPMENT OF AN ARM REHABILITATION ROBOT FOR STROKE PATIENTS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS

SUMMARY

The lifestyle of an increasingly modern society has demanded the desire to solve a problem quickly and instantaneously in everyday life, but without realizing it, the process of a development can basically cause side effects, in this case health. Therefore, changes in lifestyle that occur as a result of developing everything so instantaneously cannot be ruled out for the emergence of disease in humans, one of which is the Cerebrovascular Accident (CVA) which is commonly called a stroke. As technology develops in this world, many industries are developing robots based on its contribution in certain fields, especially in the field of health and technology. One of them is a stroke rehabilitation robot on the limb, for example the arm. In 2021 there has been a development of an arm rehabilitation robot for stroke sufferers with *Internet of Things* system making patient training more easy. However, the rehabilitation robot that has been created requires development.

Based on the results of this study, it can be concluded that the design using a linear motor at Vertical Adduction actuator can optimize the movement of the motor. In addition, the transmission system for Horizontal Adduction movement was developed too using a PLA (Polylactic Acid) plastic gear. In the system section, Artificial Intelligence was applied in device to make observation of data using robots make more easy and efficient, and device can train patient without any human contact.

Based on the results of this study, it can be concluded that the design using a linear motor can smooth the motor movement, but the load that device can held was not optimal because the device design was same from old development. Application of PLA (Polylactic Acid) plastic gear at the transmission of Horizontal Adduction make device can do movement more smoothly at 8,4-8,6 V. However because the movement still use servo motor, the load that can be held not optimal. With Artificial Intelligence that applied to the system, data observation of robot use is easier to observe, but the Emergency Stop system still can't be applied. Because that, the operation of device still need monitoring from human for avoid unwanted things.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu masalah kesehatan yang sering terjadi pada masa kini ialah Stroke. Stroke adalah kondisi yang terjadi ketika pasokan darah ke otak berkurang akibat penyumbatan (stroke iskemik) atau pecahnya pembuluh darah (stroke hemoragik). Tanpa darah, otak tidak akan mendapatkan asupan oksigen dan nutrisi, sehingga sel-sel pada area otak yang terdampak akan segera mati. (Alodokter, 2020)

Pada umumnya, stroke masih dapat diobati. Untuk penanganan stroke tergantung pada kondisi penderita secara menyeluruh. Salah satunya bisa dengan memberikan obat-obatan atau melakukan operasi. Sedangkan untuk memulihkan kondisi, penderita akan dianjurkan menjalani fisioterapi dan terapi psikologis apabila diperlukan. Fisioterapi tentunya bisa dilakukan sendiri, ataupun dengan menggunakan alat.

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. Dengan teknologi mutakhir saat ini, robot ini dapat disisipi dengan sistem *Artificial Intelligence* (AI), sehingga dapat memandu pasien dalam proses terapi. Karena tingginya biaya pengadaan robot rehabilitasi maka saat ini penggunaan robot untuk rehabilitasi hanya dapat ditemui di rumah sakit mewah atau pusat rehabilitasi saja. Oleh karena itu, penelitian ini akan

berusaha mengidentifikasi peluang desain dengan sistem rehabilitasi berbasis teknologi yang terjangkau (*low-cost*) untuk penderita stroke. Dimana hasil dari penelitian ini dapat membuat robot rehabilitasi dengan sistem *Artificial Intelligence* (AI) bagi penderita pasca stroke khusus pada bagian tangan pasien yang komponennya terbuat dari bahan yang terjangkau dengan bentuk fisik yang kompatibel sehingga bukan hanya dapat digunakan di rumah sakit atau pusat rehabilitasi saja tapi dapat juga digunakan bagi pasien pasca stroke yang ingin berlatih di rumah sendiri.

Pada pengembangan sebelumnya yaitu “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). Namun pada pengembangan sebelumnya, penggunaan alat kebanyakan masih manual, serta beberapa gerakan aktuator yang tidak dapat mencapai ekspektasi, terutama pada gerakan *adduksi* vertikal dan *adduksi* horizontal.

Pada pengembangan selanjutnya yaitu “Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan bagi Penderita Stroke Berbasis *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things*”, penulis akan menambahkan sistem *Artificial Intelligence*, sehingga alat ini dapat bekerja secara otomatis. Penulis juga tetap akan menggunakan sistem manual jika ada 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

memerhatikan sistem transmisi *gear* yang lebih baik sehingga tidak membebankan gerakan motor.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang diatas maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana membuat dan mengembangkan sistem *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things* pada robot rehabilitasi lengan sehingga robot dapat bekerja baik secara manual maupun otomatis?
2. Bagaimana memodifikasi gerakan *adduksi* vertikal pada robot rehabilitasi lengan dengan menggunakan motor linear agar gerakan lebih stabil?
3. Bagaimana memodifikasi *gear* pada gerakan *adduksi* horizontal pada robot rehabilitasi lengan agar tidak membebankan motor servo?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun batasan masalah dalam penelitian kami yaitu:

1. Menggerakkan anggota tubuh bagian tangan.
2. 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.
3. Pengontrolan gerakan terdiri dari 2 mode yaitu lambat dan sedang

4. Pasien yang dapat melakukan reabilitasi adalah pasien pasca stroke bagian lengan.
5. Perancangan *Artificial Intelligence* dibatasi untuk pergerakan aktuator, perekaman jejak kegiatan alat, dan penjadwalan berkala.
6. Pengontrolan otomatis (Berbasis AI) dan pemantauan alat dilakukan melalui *smartphone*, serta pengontrolan manual dilakukan melalui keypad yang tersedia pada alat.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. Membuat atau mengembangkan sistem *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things* pada robot rehabilitasi lengan sehingga robot dapat bekerja baik secara manual maupun otomatis.
2. Memodifikasi gerakan *adduksi* vertikal pada robot rehabilitasi lengan dengan menggunakan motor linear agar gerakan lebih stabil.
3. Memodifikasi *gear* pada gerakan *adduksi* horizontal pada robot rehabilitasi lengan agar tidak membebani motor servo.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengembangkan pengetahuan dibidang ilmu Mekatronika.
2. Mempermudah ahli fisioterapi dalam menangani pasien di masa penyembuhan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Roadmap Pengembangan Alat

Selama penelitian pertama hingga pengembangan yang akan penulis lakukan saat ini, tentunya alat ini telah mengalami berbagai macam pengembangan. Beberapa pengembangan yang telah dilakukan pada alat ini hingga sekarang dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

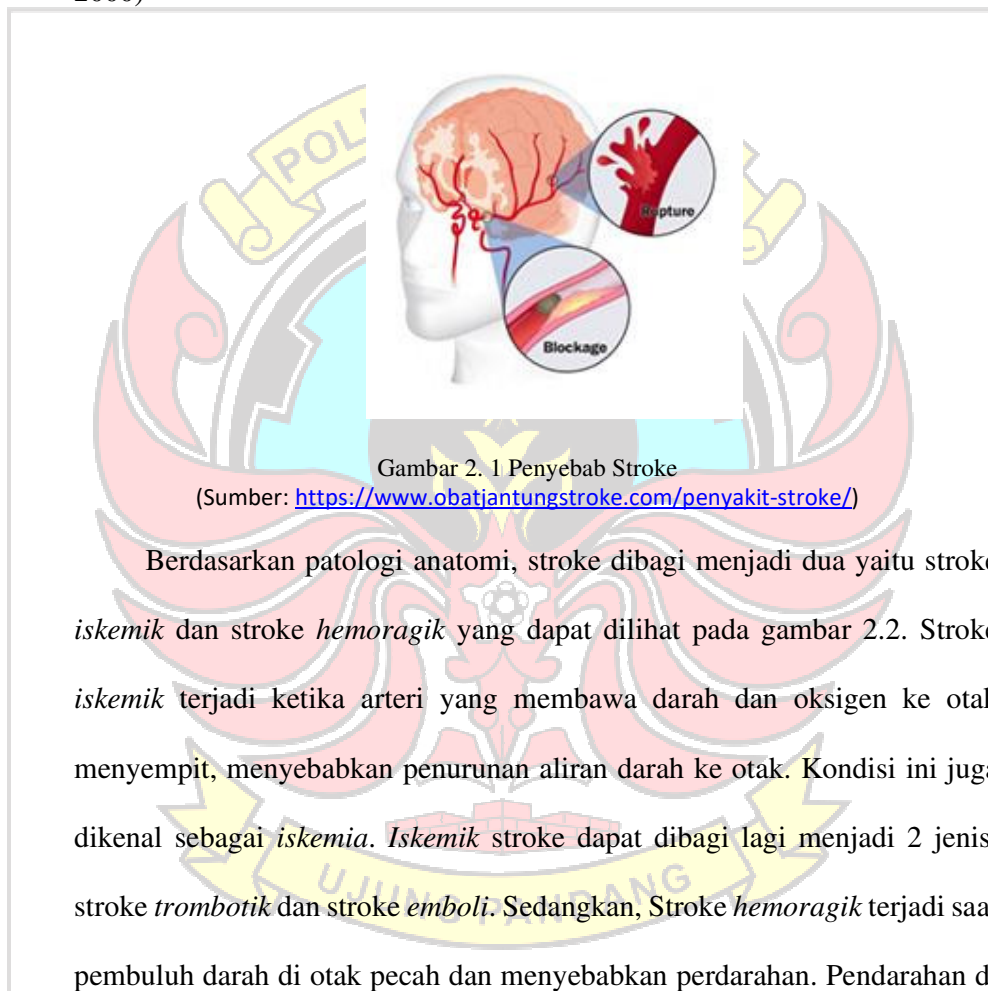
Tabel 2. 1 Roadmap Pengembangan Alat

Rancang Bangun Robot Rehabilitasi Tangan bagi penderita stroke (2016)	Pengembangan Robot Rehabilitasi Tangan untuk penderita stroke(2017)	Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis IoT (2020)	Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis IoT Via Smartphone (2021)	Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis IoT Via Smartphone (2021) dengan teknologi AI (Artificial Intellegence)
<ul style="list-style-type: none">menggunakan komponen dan material yang ekonomis	<ul style="list-style-type: none">menggunakan interface berupa LCD 20 X 4 dan keypad	<ul style="list-style-type: none">Penambahan sistem <i>Internet of Things (IoT)</i>	<ul style="list-style-type: none">Menambahkan Aplikasi Smartphone pada sistem <i>Internet of Things</i>	<ul style="list-style-type: none">Menambahkan system AI (Artificial Intellegence)
<ul style="list-style-type: none">Desain yang telah dibuat memiliki bentuk fisik yang kompetibel	<ul style="list-style-type: none">Program yang dapat menginput pengulangan gerakan sesuai keinginan pasien	<ul style="list-style-type: none">Mengganti motor linear untuk pergerakan maju & mundur	<ul style="list-style-type: none">Mengoptimalkan Pergerakan motor linearMengganti motor DC dengan motor servo untuk pergerakan horizontal	<ul style="list-style-type: none">Mengoptimalkan system transmisi (gear) pada Gerakan aduksi horizontalMengganti motor dc ke motor linear pada Gerakan aduksi vertikal

2.2 Stroke

Stroke atau cedera *cerebrovaskuler* adalah kehilangan fungsi otak yang diakibatkan oleh berhentinya suplai darah ke bagian otak sering ini adalah kulminasi penyakit serebrovaskuler selama beberapa tahun. (Smeltzer C., 2002).

Menurut WHO stroke adalah adanya tanda-tanda klinik yang berkembang cepat akibat gangguan fungsi otak fokal (atau global) dengan gejala-gejala yang berlangsung selama 24 jam atau lebih yang menyebabkan kematian tanpa adanya penyebab lain yang jelas selain vaskuler. (Susilo, 2000)



Gambar 2. 1 Penyebab Stroke

(Sumber: <https://www.obatjantungstroke.com/penyakit-stroke/>)

Berdasarkan patologi anatomi, stroke dibagi menjadi dua yaitu stroke *iskemik* dan stroke *hemoragik* yang dapat dilihat pada gambar 2.2. Stroke *iskemik* terjadi ketika arteri yang membawa darah dan oksigen ke otak menyempit, menyebabkan penurunan aliran darah ke otak. Kondisi ini juga dikenal sebagai *iskemia*. *Iskemik* stroke dapat dibagi lagi menjadi 2 jenis, stroke *trombotik* dan stroke *emboli*. Sedangkan, Stroke *hemoragik* terjadi saat pembuluh darah di otak pecah dan menyebabkan perdarahan. Pendarahan di otak dapat dipicu oleh kondisi yang memengaruhi peredaran darah. Kondisi tersebut termasuk hipertensi yang tidak terkontrol, melemahnya dinding pembuluh darah, dan pengobatan dengan pengencer darah. Stroke *hemoragik* terdiri dari dua jenis, yaitu perdarahan *intracerebral* dan *subarachnoid*.



Gambar 2. 2 Stroke Hemoragik dan Stroke Iskemik
 (Sumber: <https://www.medkes.com/2014/07/dampak-stroke-dan-siapa-saja-yang-berisiko.html>)

2.3 Rehabilitasi Medik

Mengenai sejarah singkat rehabilitasi medis, menurut data yang tersedia di *Department of Physical Medicine and Rehabilitation*, Mayo Clinic, Rochester, Amerika Serikat, pada tahun 1916 terdapat wabah polio yang menyerang New York. Wabah tersebut dapat mengakibatkan kecacatan sementara bahkan seumur hidup jika tidak cepat ditangani, maka dibentuklah *Georgia Warm Springs Young Foundation* pada 1924 sebagai tanggapan terhadap wabah polio ini untuk menanggulangi akibat buruk yang ditimbulkan (Dalgas et al., 2008; Motl dan Gosney, 2008).

Menurut Bastian (2011), Salah satu penerapan rehabilitasi yaitu pada penyakit stroke, dengan demikian pemulihan fungsi alat gerak (rehabilitasi) yang dijalani pasien polio itulah titik awal yang mendorong berdirinya rehabilitasi medis Sebagai upaya mengembalikan kemampuan motorik dan meningkatkan kualitas hidup para penderita stroke. Maka rehabilitasi pasca stroke yang dini secara teratur dapat mengembalikan kemampuan motorik secara bertahap hingga kesehatan mereka dapat pulih kembali secara total.

Rehabilitasi stroke merupakan sebuah program yang terkoordinasi yang memberikan perawatan restoratif untuk memaksimalkan pemulihan dan meminimalisasi *impairment*, *disability*, dan *hadicap* yang disebabkan oleh stroke (Widiyanto, 2009). *Disability* atau ketidakmampuan didefinisikan sebagai keterbatasan atau hilangnya kemampuan untuk melakukan aktivitas yang umum dilakukan orang normal akibat *impairment* yang dideritanya (Wirawan, 2009).

Menurut Wirawan (2009), terdapat 6 prinsip dasar pada rehabilitasi stroke sebagai berikut:

1. Gerak merupakan obat yang paling mujarab.
2. Latihan yang digunakan pada terapi gerak sebaik merupakan gerak fungsional.
3. Pasien diarahkan untuk melakukan gerak dengan keadaan senormal mungkin.
4. Latihan gerak fungsional dapat dilakukan setelah stabilitas tubuh sudah tercapai.
5. Terapi gerak diberikan kepada pasien yang siap secara fisik maupun mental.
6. Hasil terapi akan optimal jika ditunjang dengan kemampuan fungsi kognitif, persepsi, dan modalitas sensoris yang baik.

Pada penerapannya, terapi untuk rehabilitasi stroke dapat ditentukan melalui serangkaian tes manual, yaitu MMT (*Manual Muscle Test*). Dalam tes ini, kekuatan otot terbagi atas 6 poin, yakni kekuatan 0, 1, 2, 3, 4, dan 5.

Kekuatan berderajat 0 atau dalam presentasi kekuatan ialah 0%, jika tidak timbul kontraksi otot dalam usaha untuk mengadakan gerakan volunter. Jika terdapat sedikit kontraksi, maka derajatnya ialah 1 (= 10%). Apabila terdapat hanya jika gaya tarik bumi tereleminasi, maka derajat kekuatan otot ialah 2 (= 25%). Dalam hal ini dapat diberi contoh otot-otot fleksor lengan bawah yang dapat menekukkan lengan di sendi siku hanya apabila lengan bawah sudah bersudut 90° terhadap lengan atas pada pasien yang diperiksa dalam posisi telentang. Derajat tenaga otot adalah 3 (= 50%) apabila gerakan volunter melawan gaya tarik bumi dapat dilakukan secara penuh namun tanpa penahan. Bila dengan penahan sedang, gerakan volunter masih dapat dilakukan, maka derajat kekuatan otot ialah 4 (= 75%). Apabila gerakan volunter melawan gaya tarik bumi dan dengan penahanan penuh masih dapat dilakukan, maka kekuatan otot itu berderajat 5 (= 100%).

2.4 Robot Rehabilitasi Stroke

Teknologi robotika kini telah dimanfaatkan secara luas untuk membantu berbagai lini kehidupan, salah satunya terapi pasca stroke. Terapi robotik dinilai mampu mendukung proses rehabilitasi pasca stroke menjadi lebih efektif dan menyenangkan serta fokus pada keamanan pasien. Kendati demikian, terapi robotik pasca stroke harus disesuaikan dengan kebutuhan, kondisi serta tingkat keparahan pasien stroke. Konsultasi dengan dokter perlu dilakukan untuk mengetahui jenis rehabilitasi yang efektif membantu kesembuhan penyintas stroke.

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. 3 Robotik Fourier M2
(Sumber: klinikwijaya.com)

Untuk pemulihan fungsi lengan atas pasca stroke dapat dicapai dengan Robotik Armeo. Melalui terapi Robotik Armeo ini, pasien dapat mengembalikan koordinasi otak dan otot lengan atas. Latihan dilengkapi dengan *games* yang menarik sehingga pasien tidak bosan selama menjalani latihan.



Gambar 2. 4 Robot Rehabilitasi Armeo
(Sumber: klinikwijaya.com)

Untuk mencari informasi lebih mengenai pelatihan stroke untuk lengan, penulis pun mencari lagi dari beberapa sumber melalui wawancara langsung. *Upper Extremity* studi penelitian ini diperoleh dari hasil wawancara langsung di rumah sakit Universitas Hasanuddin Makassar oleh Dr. Husnul Mubarak salah satu dokter ahli fisioterapi. (Abdul Rahmat, 2016)

Tabel 2. 2 *Upper Extremity* untuk *Flexi* dan *Extensi*

<i>Upper Extremity</i>	
<i>Shoulder</i>	<i>Elbow</i>
<i>Flexion 0° – 120°</i>	<i>Extension 0°</i>
<i>Extension 0° – 45°</i>	<i>Flexion 0° – 120°</i>

Tabel 2. 3 *Upper Extremity* untuk Horizontal *Adduksi* dan *Abduksi*

<i>Upper Extremity Horizontal</i>	
<i>Shoulder</i>	<i>Elbow</i>
<i>Full Adduksi 80°</i>	<i>Abduksi 100°</i>

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 2. 4.

Tabel 2. 4 Selang Waktu Pola Pelatihan Pasien *Stroke*

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

2.5 *Internet of Things (IoT)*

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.

ETP EPOSS mendefinisikannya sebagai Jaringan yang dibentuk oleh hal-hal atau benda yang memiliki identitas, pada dunia maya yang beroperasi di ruang itu dengan menggunakan kecerdasan antarmuka untuk terhubung dan berkomunikasi dengan pengguna, konteks sosial dan lingkungan.

2.5.1 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.

2.5.2 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 *IoT*, beberapa alat bisa digunakan untuk mengoperasikan banyak hal dari satu perangkat, misalnya *smartphone*.

b. Efisiensi

Dengan adanya peningkatan pada 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 biasa dimiliki oleh sebagian besar orang. Ini dikarenakan kemudahan yang ditawarkan oleh *IoT* dimana pengguna dapat mengontrol suatu sistem dimana saja dan kapan saja.

2.6 *Artificial Intelligence* (AI)

Artificial Intelligence, atau dikenal juga dengan singkatan *AI*, didefinisikan sebagai kecerdasan *entitas* ilmiah. Andreas Kaplan dan Michael Haenlein mendefinisikan kecerdasan buatan sebagai “kemampuan sistem untuk menafsirkan data eksternal dengan benar, untuk belajar dari data tersebut, dan menggunakan pembelajaran tersebut guna mencapai tujuan dan tugas tertentu melalui adaptasi yang fleksibel”. Sistem seperti ini umumnya

dianggap komputer. Kecerdasan diciptakan dan dimasukkan ke dalam komputer agar dapat melakukan pekerjaan seperti yang dapat dilakukan manusia. Secara teknis, kecerdasan buatan adalah model statistik yang digunakan untuk mengambil keputusan dengan menggeneralisir karakteristik

dari suatu objek berbasis data yang kemudian dipasang di berbagai perangkat elektronik.

Banyak industri telah terganggu oleh masuknya teknologi baru di Era Informasi. Perawatan kesehatan tidak berbeda. Khususnya dalam kasus otomatisasi, pembelajaran mesin, dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), dokter, rumah sakit, perusahaan asuransi, dan industri dengan kaitan dengan perawatan kesehatan semuanya telah terkena dampak – dalam banyak kasus dengan cara yang lebih positif dan substansial daripada industri lainnya.

Menurut laporan 2016 dari CB Insights , sekitar 86% organisasi penyedia perawatan kesehatan, perusahaan ilmu hayati, dan vendor teknologi untuk perawatan kesehatan menggunakan teknologi kecerdasan buatan. Pada tahun 2020, organisasi-organisasi ini akan menghabiskan rata-rata \$ 54 juta untuk proyek-proyek artificial intelligence (AI). Jadi solusi apa yang paling sering mereka terapkan?

2.6.1. Mengelola Rekam Medis dan Data Lainnya

Karena langkah pertama dalam perawatan kesehatan adalah mengumpulkan dan menganalisis informasi (seperti catatan medis dan riwayat masa lalu lainnya), manajemen data adalah aplikasi yang

paling banyak digunakan untuk kecerdasan buatan dan otomatisasi digital. Robot bekerja mengumpulkan, menyimpan, memformat ulang, dan melacak data untuk menyediakan akses yang lebih cepat dan lebih konsisten.

2.6.2. Melakukan Pekerjaan Repetitif (Berulang)

Menganalisis tes, X-Rays, CT scan, entri data, dan tugas-tugas lainnya dapat dilakukan lebih cepat dan lebih akurat oleh robot. Kardiologi dan radiologi adalah dua disiplin dimana jumlah data untuk dianalisis bisa sangat banyak dan menghabiskan waktu. Ahli jantung dan ahli radiologi di masa depan seharusnya hanya melihat pada kasus yang paling rumit di mana pengawasan manusia berguna.

2.6.3. Manajemen Perawatan

Sistem kecerdasan buatan telah dibuat untuk menganalisis data – catatan dan laporan dari file pasien, penelitian eksternal, dan keahlian klinis – untuk membantu memilih jalur pengobatan yang tepat dan disesuaikan secara individual.

2.6.4. Konsultasi Digital

Aplikasi seperti Babylon di Inggris menggunakan AI untuk memberikan konsultasi medis berdasarkan riwayat medis pribadi dan pengetahuan medis umum. Pengguna melaporkan gejala mereka ke dalam aplikasi, yang menggunakan pengenalan suara untuk membandingkan dengan database penyakit. Babel kemudian menawarkan tindakan yang direkomendasikan, dengan mempertimbangkan riwayat medis pengguna.

2.6.5. Perawat Virtual

Sense.ly startup telah mengembangkan Molly , perawat digital untuk membantu orang memantau kondisi pasien dan menindaklanjuti

dengan perawatan, di antara kunjungan dokter. Program ini menggunakan pembelajaran mesin untuk mendukung pasien, yang mengkhhususkan diri dalam penyakit kronis.

Pada tahun 2016, Rumah Sakit Anak Boston mengembangkan sebuah aplikasi untuk Amazon Alexa yang memberikan informasi kesehatan dasar dan saran untuk orang tua dari anak-anak yang sakit. Aplikasi ini menjawab pertanyaan yang diajukan tentang obat-obatan dan apakah gejala memerlukan kunjungan dokter.

2.7 **Komponen Mekanik**

2.7.1 Motor *Linear*

Linear motor adalah motor listrik yang stator dan rotornya berbentuk linier. Jadi motor ini berbrntuk linier datar, tidak bulat tabung seperti motor pada umumnya. Karena bentuknya yang linier, motor ini tidak menghasilkan torsi (putaran) tetapi menghasilkan gaya yang linier. Umumnya, motor linear dibuat dengan prinsip hukum Lorentz, yakni arus listrik yang mengalir pada medan magnet akan terkena gaya Lorentz yang arahnya tegak lurus.



Gambar 2. 5 Motor Linear

(Sumber: <http://id.12vactuator.com/waterproof-linear-actuator/waterproof-linear-motor.html>)

Prinsip kerja aktuator linear listrik adalah desain modular yang mengintegrasikan motor dan sekrup, mengubah gerakan putar poros motor menjadi gerakan linear batang piston aktuator linear listrik. Sementara itu, aktuator linear listrik servo mengubah keunggulan motor servo kecepatan, rotasi, kontrol torsi menjadi kecepatan, posisi, kontrol dorong yang tepat untuk mewujudkan produk revolusioner gerak linear presisi tinggi.

2.7.2 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. 6 Motor Servo
 (Sumber: <https://elektronika-dasar.web.id/motor-servo/>)

Tabel 2. 5 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

2.8 Komponen Elektronik

2.8.1 Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah suatu papan sirkuit dengan mikrokontroler chip ATmega2560 serta memiliki jumlah pin paling banyak di antara semua jenis Arduino lainnya.



Gambar 2. 7 Board Arduino Mega 2560
(Sumber: Arduino Home Page, 2012)

Tabel 2. 6 Deskripsi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (dianjurkan)	7-12V
Input Voltage (batas)	6-20V
Digital (I/O) Pins	54 (dari yang 15 memberikan output PWM)
Pins Masukan Analog	16
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Saat ini untuk 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB yang 8KB digunakan oleh bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Kecepatan jam	16 MHz
Panjangnya	101,52 mm
Lebar	53,3 mm
Berat	37 g

Arduino dapat diberikan *power* melalui koneksi *USB* atau *power supply*. *Powernya* masuk secara otomatis. *Power supply* dapat menggunakan adaptor *DC* atau baterai. Adaptor dapat dikoneksikan dengan mencolok *jack* adaptor pada koneksi *port input supply*. *Board* arduino dapat dioperasikan menggunakan *supply* dari luar sebesar 6 -

20 volt. Jika *supply* kurang dari 7V, kadangkala pin 5V akan menyuplai kurang dari 5 volt dan *board* bisa menjadi tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, tegangan di regulator bisa menjadi sangat panas dan menyebabkan kerusakan pada *board*. Rekomendasi tegangan ada pada 7 sampai 12 Volt. (Arduino Home Page, 2012). Penjelasan

pada pin power adalah sebagai berikut:

1. Volume input (V_{in}), yaitu tegangan *input* ke *board* arduino ketika menggunakan tegangan dari luar (seperti yang disebutkan 5volt dari koneksi USB atau tegangan yang diregulasikan). Pengguna dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika tegangan suplai menggunakan *power jack*, aksesnya menggunakan pin ini.
2. 5 Volt, yaitu regulasi *power supply* digunakan untuk *power* mikrokontroler dan komponen lainnya pada board. 5V dapat melalui V_{in} menggunakan regulator pada *board*, atau *supply* oleh USB atau *supply* regulasi 5V lainnya.
3. 3V3, yaitu suplai 3.3volt didapat oleh *FTDI chip* yang ada di *board*. Arus maksimumnya adalah 50mA.
4. Pin Ground, berfungsi sebagai jalur *ground* atau jalur negatif pada arduino.

5. Memori, ATmega328 memiliki 32 KB *flash* memori untuk menyimpan kode, juga 2 KB yang digunakan untuk *bootloader*. ATmega328 memiliki 2 KB untuk SRAM dan 1 KB untuk EEPROM.

Masing-masing dari 54 pin digital pada Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan *pinMode* (), *digitalWrite* (), dan *digitalRead* (). Mereka beroperasi di 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima 20 mA sebagai kondisi operasi yang direkomendasikan dan memiliki resistor *pull-up* internal yang (terputus secara *default*) dari 20-50k ohm. Maksimal 40mA adalah nilai yang tidak boleh melebihi untuk menghindari kerusakan permanen ke mikrokontroler. (*Arduino Home Page, 2012*).

Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan *UART TTL (5V)* komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). *Firmware* Arduino menggunakan *USB driver* standar *COM*, dan tidak ada *driver* eksternal yang dibutuhkan. Namun, pada *Windows*, *file*. Ini diperlukan. Perangkat lunak arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke *board* Arduino. *RX* dan *TX LED* di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip USB-to-serial* dan koneksi *USB* ke komputer.

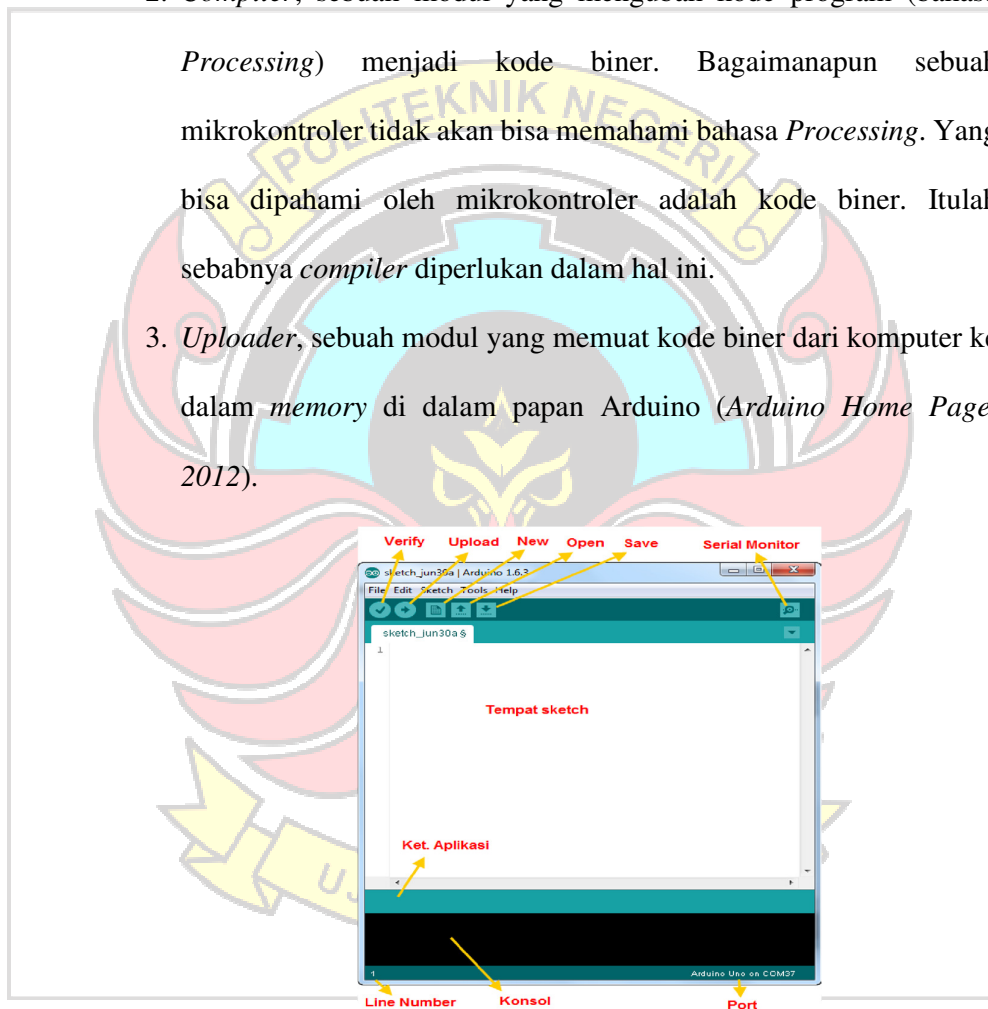
ArduinoMEGA dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino. Pada ATmega2560 di Arduino terdapat *bootloader* yang memungkinkan untuk meng-*upload* kode baru tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*. IDE Arduino adalah *software* yang

sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

1. *Editor program*, sebuah *window* yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.

2. *Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.

3. *Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam *memory* di dalam papan Arduino (*Arduino Home Page, 2012*).



Gambar 2. 8 Tampilan Arduino IDE
(Sumber: Panduan Praktis Arduino untuk Pemula,2015)

2.8.2 NodeMCU

NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan ESP8266 dengan *firmware* berbasis e-Lua. *On* NodeMcu dilengkapi dengan *port microUSB* yang berfungsi untuk pemrograman juga catu daya. Selain itu, NodeMCU juga dilengkapi dengan tombol push yaitu tombol *reset* dan *flash*. NodeMCU menggunakan bahasa pemrograman Lua yang merupakan paket dari esp8266. Bahasa Lua memiliki logika dan struktur pemrograman yang sama dengan bahasa c, hanya dengan sintaks yang berbeda. Jika program yang diinputkan menggunakan Lua, program dapat dikonversi melalui Lua loader atau uploder Lua.

Selain bahasa Lua NodeMCU juga mendukung perangkat lunak Arduino IDE dengan membuat beberapa perubahan pada manajer papan pada Arduino IDE.



Gambar 2. 9 NodeMCU

(Sumber: <https://42bots.com/esp8266/nodemcu-esp8266-iot-development-board-overview/>)

Berikut adalah spesifikasi NodeMCU V3 yang digunakan dalam proyek ini:

1. Menggunakan CH340G bukan CP2102.
2. NodeMCU memiliki serial USB-TTL built-in dengan kekuatan industri super andal CH340G untuk stabilitas unggul pada semua platform yang didukung.

3. Tegangan antarmuka komunikasi: 3.3V.
4. Jenis antena: Tersedia antena PCB internal.
5. Nirkabel 802.11 b / g / n standar
6. WiFi di 2.4GHz, mendukung mode keamanan WPA / WPA2
7. Mendukung tiga mode pengoperasian STA / AP / STA + AP
8. Tumpukan protokol TCP / IP bawaan untuk mendukung beberapa koneksi TCP Client (5 MAX)
9. D0 ~ D8, SD1 ~ SD3: digunakan sebagai GPIO, PWM, IIC, dll., Kemampuan driver port 15mA
10. ADO: 1 saluran ADC
11. Input daya: 4.5V ~ 9V (10V MAX), bertenaga USB
12. Sekarang: transmisi kontinyu: 70mA (200mA MAX), Siaga: 200uA

13. Kecepatan transfer: 110-460800bps
14. Mendukung antarmuka komunikasi data UART / GPIO
15. Peningkatan *firmware* jarak jauh (OTA)
16. Mendukung *Smart Link Smart Networking*

17. Temperatur kerja: -40 ~ + 125
18. Tipe *Drive*: *Driver* H-bridge ganda berdaya tinggi
19. Ukuran *flash*: 4Mbyte

2.8.3 Adaptor 12V DC

Hampir semua rangkaian elektronik membutuhkan sumber tegangan *DC* yang teratur. Pencatuan ini dapat dilakukan secara langsung oleh baterai, namun yang lebih umum catu daya yang diperoleh dari sumber *AC* standar yang kemudian diubah menjadi tegangan *DC*.



Gambar 2. 10 Adaptor 12V

(Sumber: <https://elekkomp.blogspot.com/2018/10/pengertian-adaptor-dan-fungsinya.html>)

2.8.4 Push Button

Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian – bagian dari suatu instalasi listrik satu sama lain. Suatu sistem saklar tekan *push button* terdiri dari saklar tekan *start*. *Stop reset* dan saklar tekan untuk *emergency*. *Push button* memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*).

Prinsip kerja Push Button adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai *stop* (memberhentikan) dan kontak NO akan berfungsi sebagai *start* (menjalankan) biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor – motor induksi untuk menjalankan mematikan motor pada industri – industri. Pada pembuatan alat ini digunakan 2 buah Tipe *Normally Open* (NO).

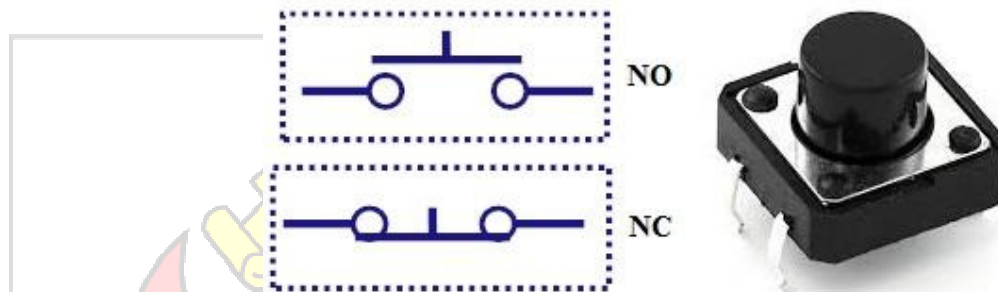
Tombol ini disebut juga dengan tombol start karena kontak akan menutup pintu bila ditekan dan kembali terbuka bila menekan tombol yang satu lagi. Bila tombol ditekan maka kontak bergerak akan menyentuh kontak tetap sehingga arus listrik akan mengalir.

Berdasarkan fungsi kerjanya yang menghubungkan dan memutuskan, push button switch mempunyai 2 tipe kontak yaitu NC (Normally Close) dan NO (Normally Open).

1. NO (*Normally Open*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem circuit (*Push Button ON*).

2. NC (*Normally Close*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar push button ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka

(*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem circuit (*Push Button Off*).



Gambar 2. 11 Push Button

Sumber: (<http://www.rutherford-robotics.com/BOOK/electronics106.html>)

2.8.5 Driver Motor



Gambar 2. 12 BTS 7960

(Sumber: <http://cyberspaceandtime.com/QvXa6GKLu6E.video+related>)

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.

2.8.6 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah media tampilan yang paling mudah untuk ditonton karena menghasilkan tampilan karakter yang baik dan cukup banyak. Pada 20 × 4 LCD 80 karakter dapat ditampilkan, 20 karakter di setiap baris sebanyak 4 baris. 20 × 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 Crystal Display (LCD)
(Sumber: <https://hobbytronics.com.pk/retired/>)

2.8.7 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. 14 Keypad 4x4

(Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-keypad-menggunakan-arduino-uno/>)

2.8.8 MIT App Inventor

MIT App Inventor merupakan platform untuk memudahkan proses pembuatan aplikasi sederhana tanpa harus mempelajari atau

menggunakan bahasa pemrograman yang terlalu banyak. Kita dapat mendesain aplikasi android sesuai keinginan dengan menggunakan berbagai macam layout dan komponen yang tersedia. Dengan app inventor, pengguna bisa melakukan pemrograman komputer untuk menciptakan aplikasi perangkat lunak dengan sistem operasi berbasis android. App inventor ini berbasis *visual block programming* karena memungkinkan pengguna bisa menggunakan, melihat, menyusun dan men-drag and drops block yang merupakan simbol perintah dan fungsi event handler untuk menciptakan sebuah aplikasi yang bisa berjalan di sistem android.



Gambar 2. 15 MIT App Inventor

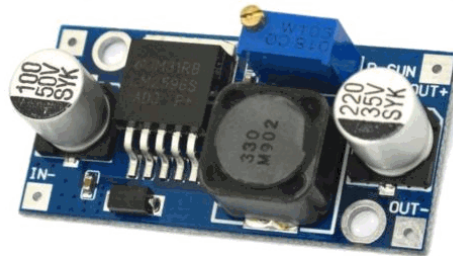
(Sumber: <https://psti.unisayogya.ac.id/2020/01/06/apa-itu-mit-app-inventor-berikut-penjelasan/>)

2.8.9 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. 16 Step Down
(Sumber: <http://j5d2v7d7.stackpathcdn.com/wp-content/uploads/2015/09/LM2596HV.gif>)

2.9 Penelitian Sebelumnya

Dalam penulisan ini penulis mengumpulkan segala informasi dari referensi, literatur yang sesuai dengan topik dan menggunakan media internet sebagai bahan referensi tambahan dan penulis sebelumnya juga melakukan wawancara langsung dengan ahli fisioterapi oleh Dr. Husnul Mubarak di rumah sakit Universitas Hasanuddin Makassar mengenai stroke.

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.

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.

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.

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 *smarthphone* 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.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekatronika Teknik Mekatronika PNUP, Makassar, Sulawesi Selatan. Penelitian ini dilakukan pada bulan Februari 2022 sampai dengan bulan Agustus 2022.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam pelaksanaannya penelitian ini memerlukan beberapa alat, bahan dan perangkat lunak guna merakit tugas akhir sesuai yang diharapkan. Alat dan bahan yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 berikut.

Tabel 3. 1 Alat yang Dibutuhkan

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

Lanjutan Tabel 3. 2

11.	Cutter
12.	Amplas

Tabel 3. 2 Komponen yang dibutuhkan

No	Nama Bahan	Jumlah (buah)
1.	Arduino MEGA	1
2.	NodeMCU	1
3.	Adaptor 12V	1
4.	Motor Linear	2
5.	Motor Servo	1
6.	Driver Motor BTS 7960	2
7.	Baut mur	Disesuaikan
8.	Kabel <i>jumper</i>	Disesuaikan
9.	<i>Push Button</i>	4
10.	<i>Limit Switch</i>	4
11.	<i>Keypad</i>	1
12.	<i>Heat Sink</i>	1
13.	Kabel data	1
14.	Timah	Disesuaikan
15.	Plat Alumunium	Disesuaikan

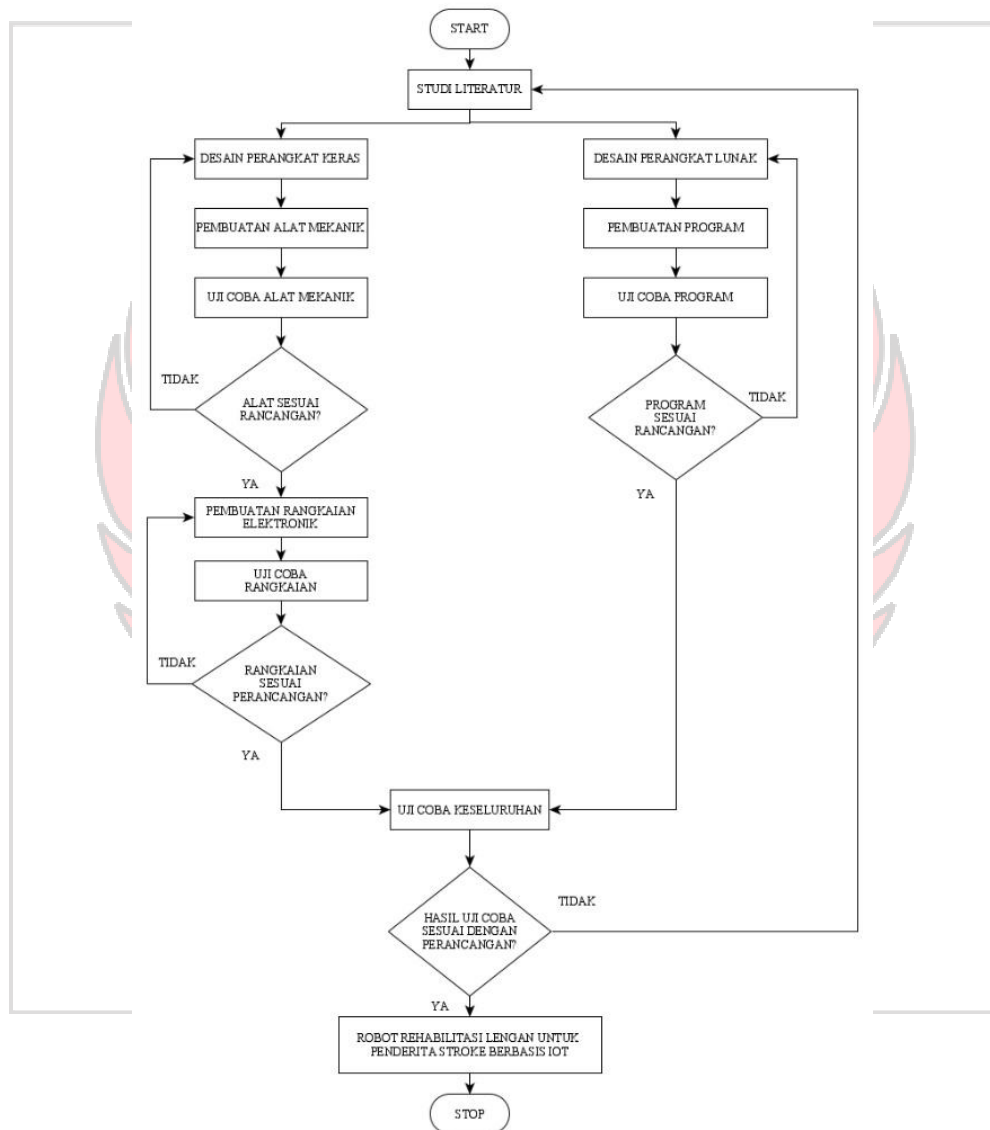


3.3 Metode Perancangan

Adapun diagram perancangan sebagai panduan dalam proses perancangan dan pembuatan robot rehabilitasi lengan bagi penderita stroke

ini agar dapat memperoleh suatu alat yang baik dari segi mutu serta tetap mempertimbangkan segi ekonomisnya.

Gambar 3.1 *FlowChart* Sistem Perancangan



3.4 Studi Literatur

Dalam perancangan alat ini, langkah awal yang dilakukan adalah mencari sebanyak-banyaknya data serta informasi melalui berbagai media

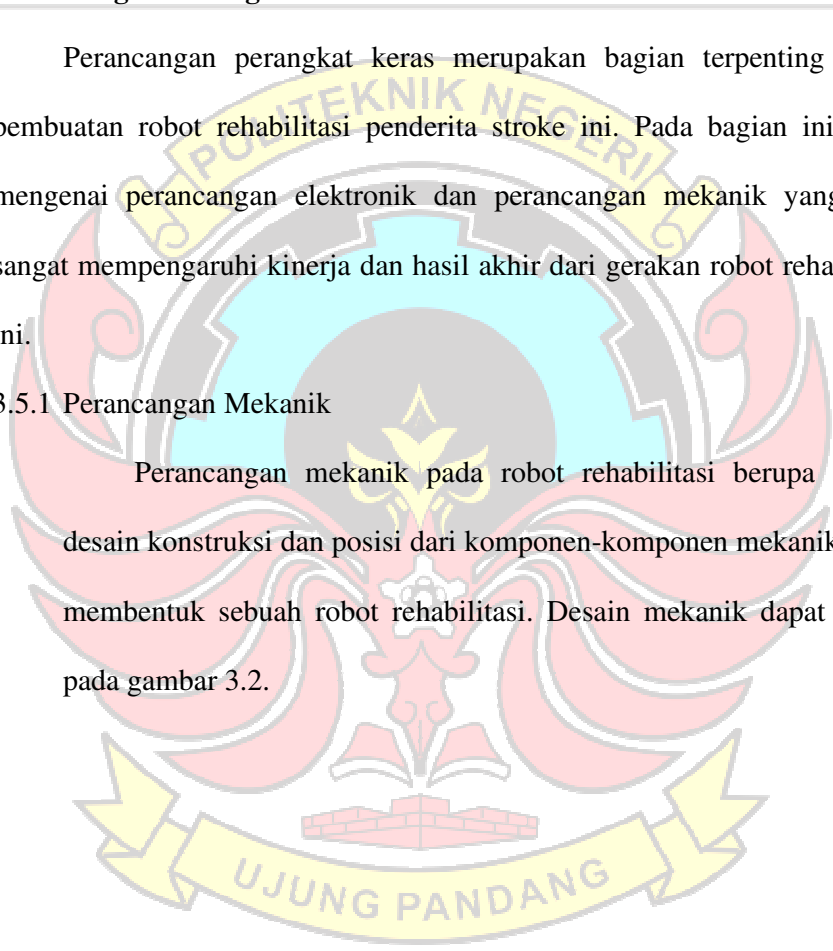
cetak maupun elektronik dimana informasi tersebut harus relevan dengan alat yang akan dibuat. Diantaranya dengan melakukan diskusi dengan penyusun sebelumnya, serta melalui media elektronik.

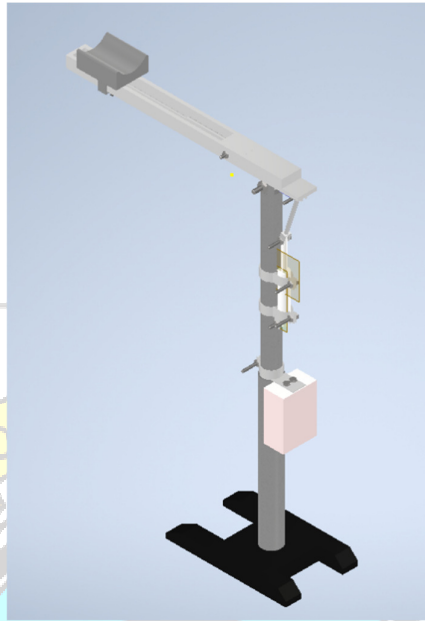
3.5 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras merupakan bagian terpenting dalam pembuatan robot rehabilitasi penderita stroke ini. Pada bagian ini berisi mengenai perancangan elektronik dan perancangan mekanik yang akan sangat mempengaruhi kinerja dan hasil akhir dari gerakan robot rehabilitasi ini.

3.5.1 Perancangan Mekanik

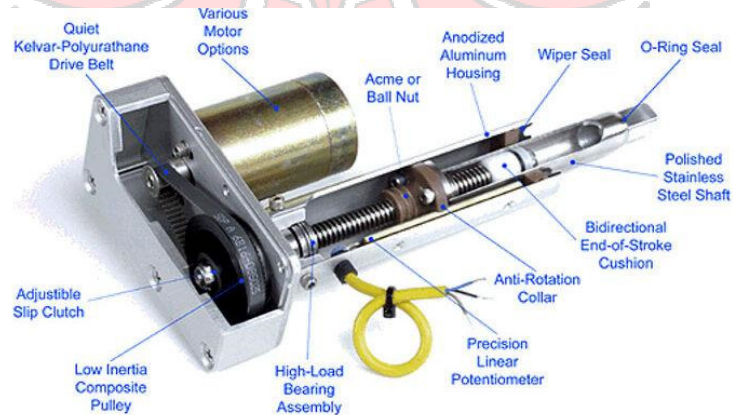
Perancangan mekanik pada robot rehabilitasi berupa sebuah desain konstruksi dan posisi dari komponen-komponen mekanik untuk membentuk sebuah robot rehabilitasi. Desain mekanik dapat dilihat pada gambar 3.2.





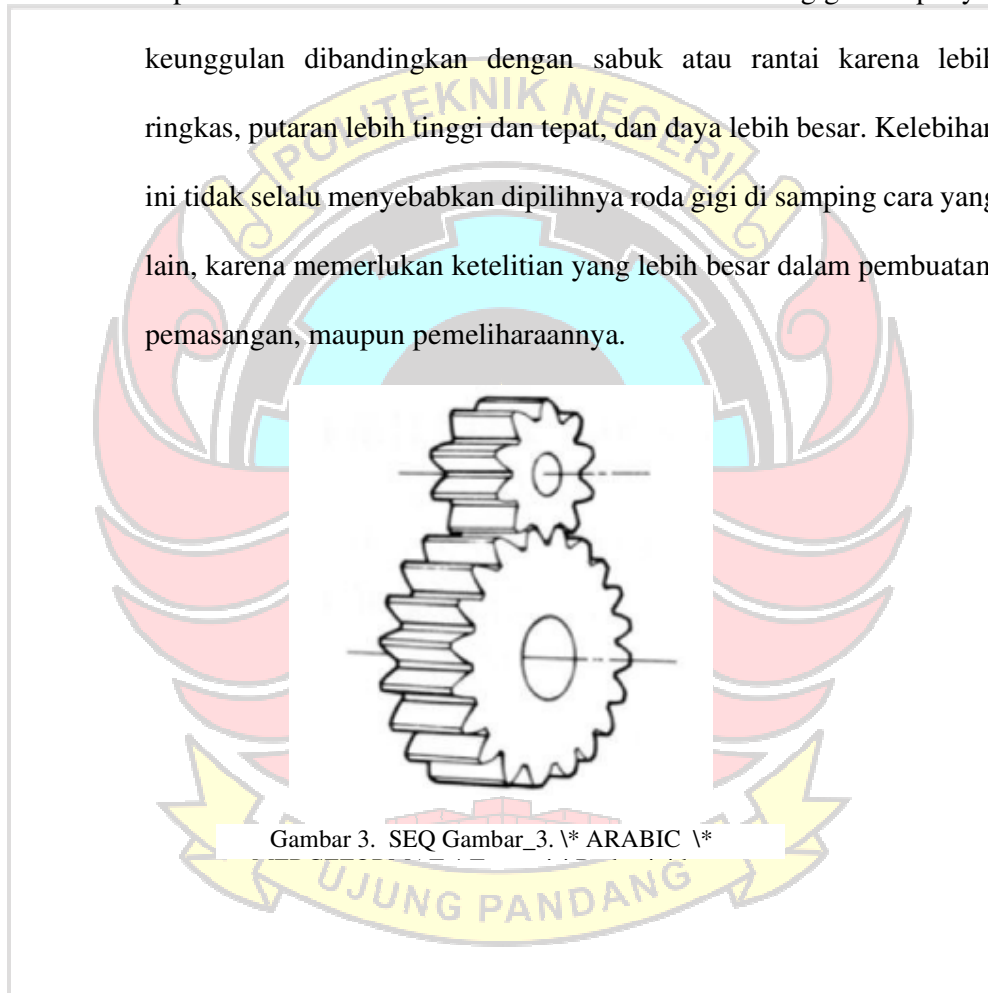
Gambar 3. SEQ Gambar_3. * ARABIC 2 Rancangan Robot

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.

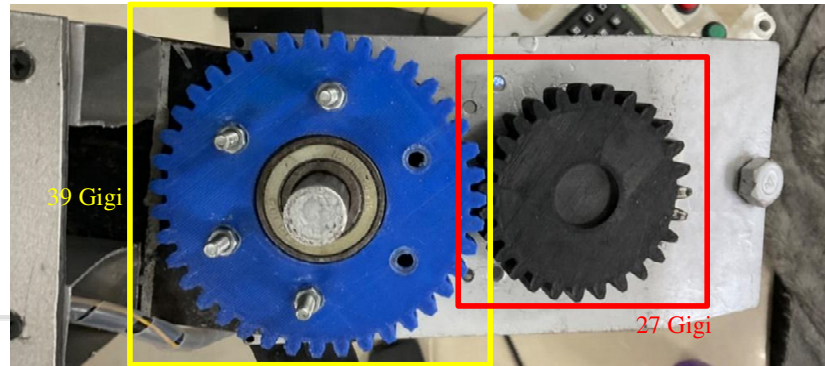


Gambar 3. SEQ Gambar_3. * ARABIC * MERGEFORMAT 3 Bagan-bagan motor linear

Untuk Pergerakan adduksi horizontal, penulis akan menggunakan motor servo, dimana motor servo ini terhubung dengan transmisi roda gigi. Transmisi roda gigi biasa digunakan untuk mentransmisikan daya besar dan putaran yang tepat serta jarak yang relatif pendek. Roda gigi dapat berbentuk silinder atau kerucut. Transmisi roda gigi mempunyai keunggulan dibandingkan dengan sabuk atau rantai karena lebih ringkas, putaran lebih tinggi dan tepat, dan daya lebih besar. Kelebihan ini tidak selalu menyebabkan dipilihnya roda gigi di samping cara yang lain, karena memerlukan ketelitian yang lebih besar dalam pembuatan, pemasangan, maupun pemeliharannya.



Gambar 3. SEQ Gambar_3. * ARABIC *



Gambar 3. 5 Transmisi Roda Gigi pada Adduksi Horizontal

Pada Gambar 3. 5, dapat dilihat bahwa jumlah gigi yang dimiliki oleh kedua *gear* yaitu 39 gigi untuk *gear* yang besar, dan 27 gigi untuk yang kecil. Rasio dari antara kedua roda gigi dapat diketahui dengan rumus :

$$\text{Rasio Gear} = \frac{\text{Jumlah gigi Roda Gigi Besar}}{\text{Jumlah gigi Roda Gigi Kecil}} = \frac{39}{27} = 1,44$$

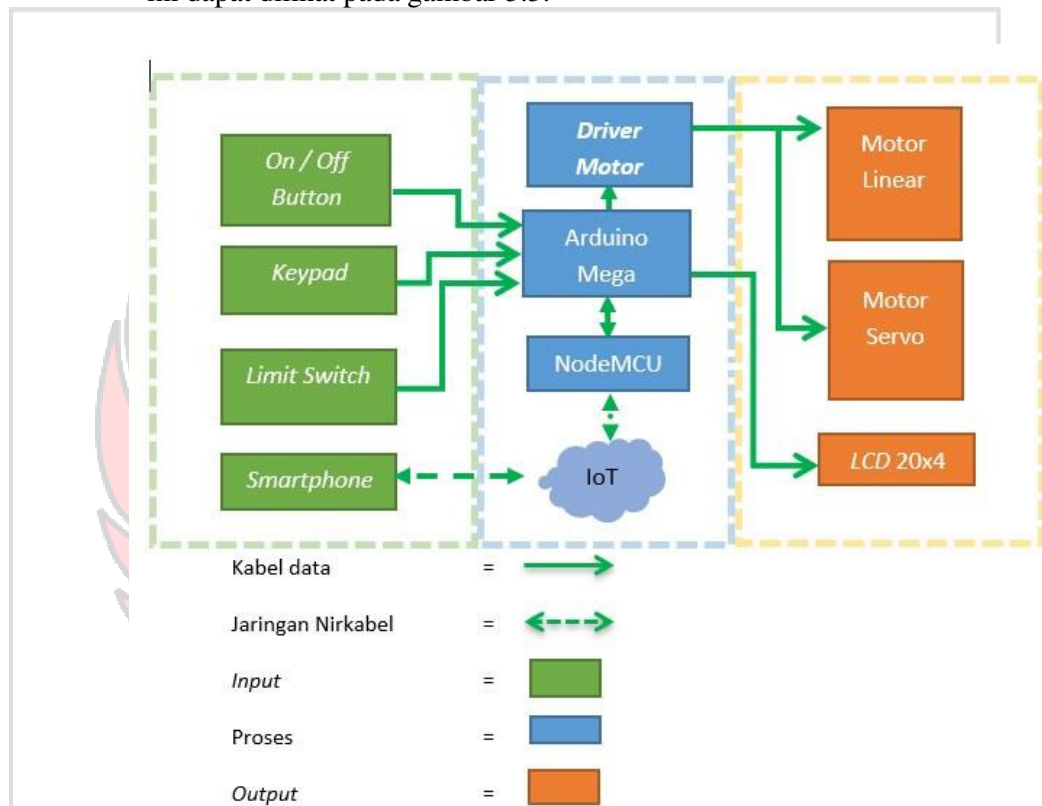
Pada Tabel 2. 4, dapat diketahui nilai transfer servo sebesar 35 kg (dimana bila dikonversi ke Newton, maka nilainya sebesar 343,23 N). Sehingga nilai daya yang dapat ditransfer adalah

$$\text{Torsi Output} = \text{Rasio Gear} \times \text{Torsi Input} = 1,44 \times 343,23 \text{ N} = 480,52 \text{ N}$$

Dimana 480,52 N setara dengan 48,9 kg

3.5.2 Perancangan Elektronik

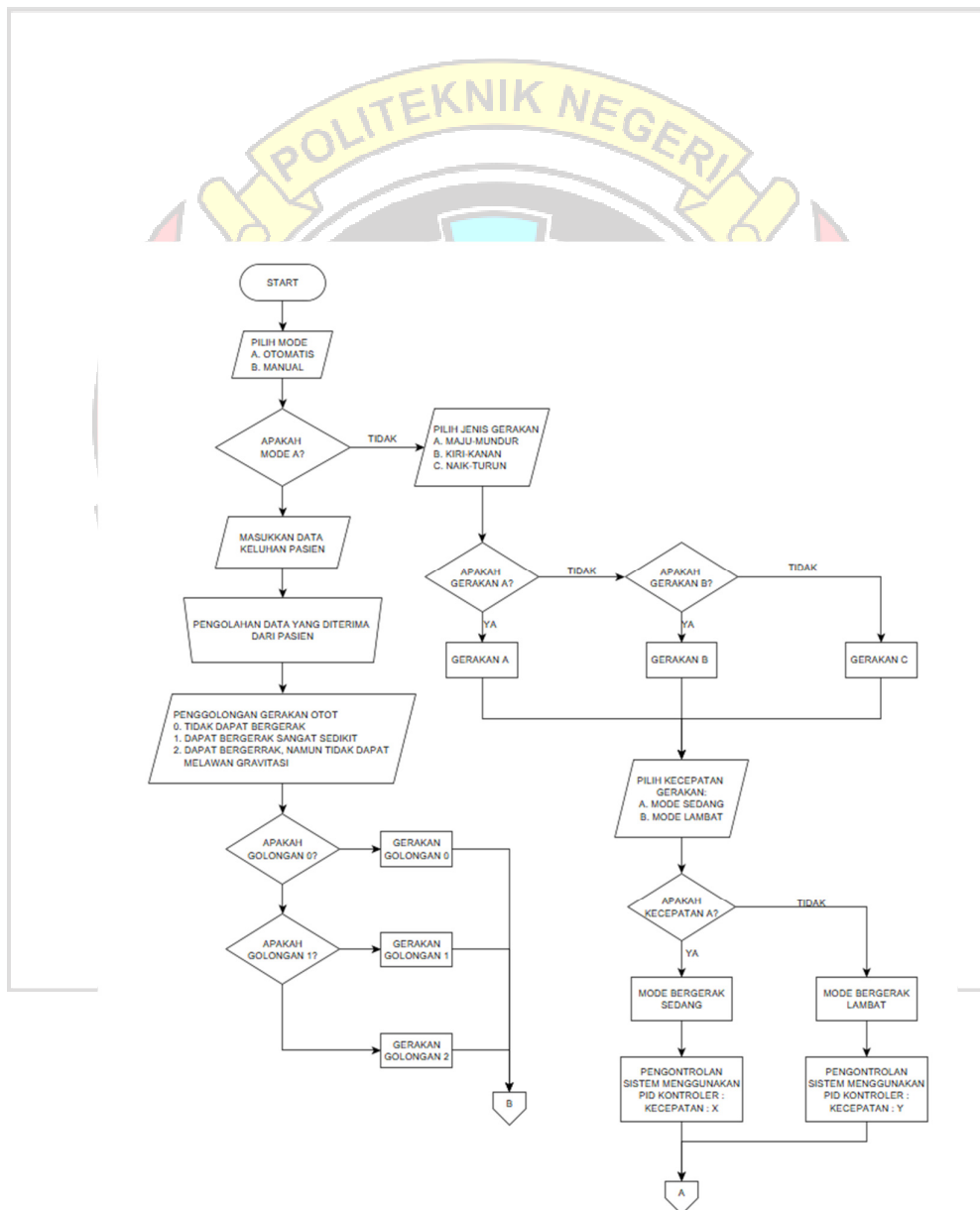
Perancangan *hardware* elektronik pada alat ini dibuat dengan menggunakan beberapa *shield* untuk memperkecil tempat atau *space* dalam peletakkannya dan memperkecil ukuran dari alat ini. Adapun komponen penyusun *hardware* elektronika yang digunakan pada alat ini dapat dilihat pada gambar 3.3.

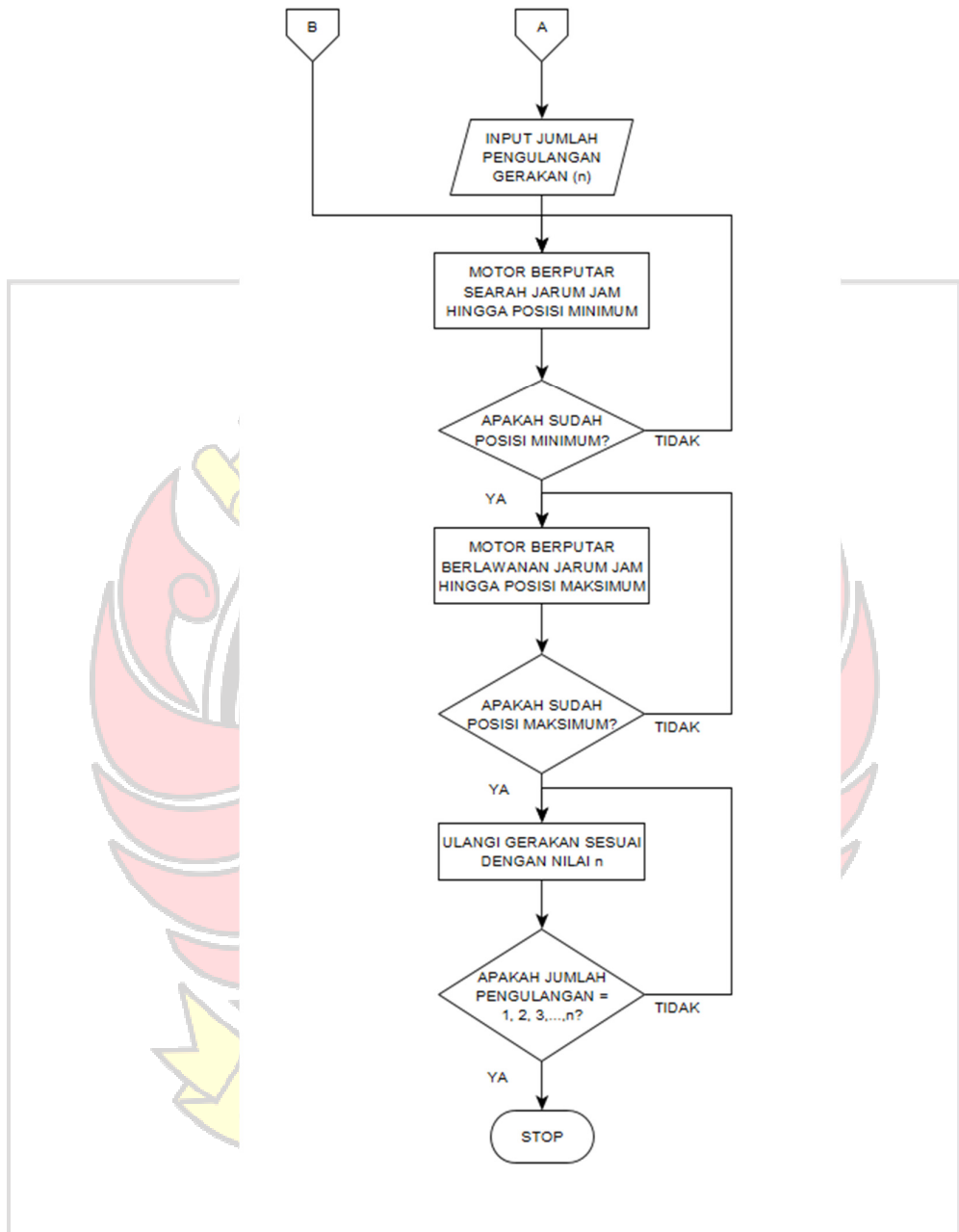


3.6 Perancar Gambar 3. SEQ Gambar_3.* ARABIC 6 Skema Rangkaian Elektronik Robot

Perancangan perangkat lunak pada alat ini bertujuan untuk memudahkan pengguna untuk mengoperasikan robot rehabilitasi penderita stroke ini. Perancangan perangkat lunak pada alat ini berupa program yang dibuat dalam komputer kemudian dimasukkan ke dalam perangkat *hardware* elektronika yang telah dibuat. Program yang dibuat berdasar atas sistem kecerdasan buatan (AI), serta program untuk inputan manual. Prinsip kerja

dari sistem kecerdasan buatan (AI) ini adalah mengadopsi pengetahuan dan pengalaman manusia kemudian diinput ke sistem kontrol.





Gambar 3. 7 Diagram Alir Sistem Pergerakan

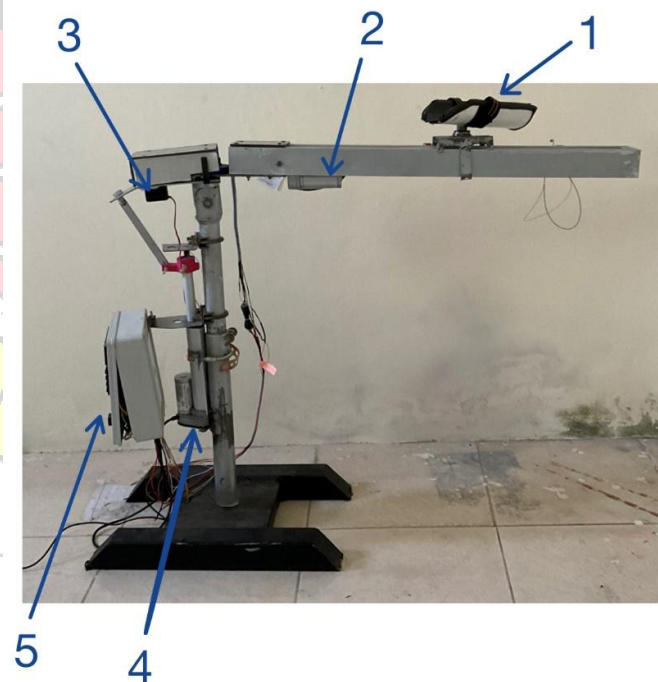
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Perancangan Mekanik

Setelah melakukan percobaan maka penulis mendapatkan desain robot sebagai berikut :



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Mekanik

Tabel 4. 1 Bagian-bagian robot rehabilitasi lengan

No	Nama Bagian	Fungsi
1	Dudukan tangan	Dudukan tangan didesain panjang untuk kenyamanan tangan pasien dan titik berat tangan pasien dengan dudukan tangan lebih seimbang.
2	Transmisi maju-mundur	Dalam pergerakan maju-mundur menggunakan motor <i>linear</i> sebagai aktuator dengan spesifikasi yang lebih tinggi, sehingga pergerakan lebih cepat dan halus dibandingkan menggunakan ulir.
3	Transmisi kiri-kanan	Dalam pergerakan kiri-kanan menggunakan motor servo sebagai aktuator, sehingga derajat pergerakannya dapat diatur.
4	Transmisi naik-turun	Dalam pergerakan naik-turun menggunakan motor linear sebagai aktuator, sehingga derajat pergerakannya dapat diatur
5	<i>Panel box controller</i>	Sebagai tempat rangkaian elektronik dan kontrol alat.

Pada penelitian sebelumnya mekanisme pergerakan naik-turun menggunakan motor *Direct Current* (DC) yang dimana untuk pergerakannya belum optimal dikarenakan jika menggunakan motor DC hasilnya kurang presisi, maka dari itu pada penelitian kali ini dilakukan perubahan pada mekanisme pergerakan naik-turun

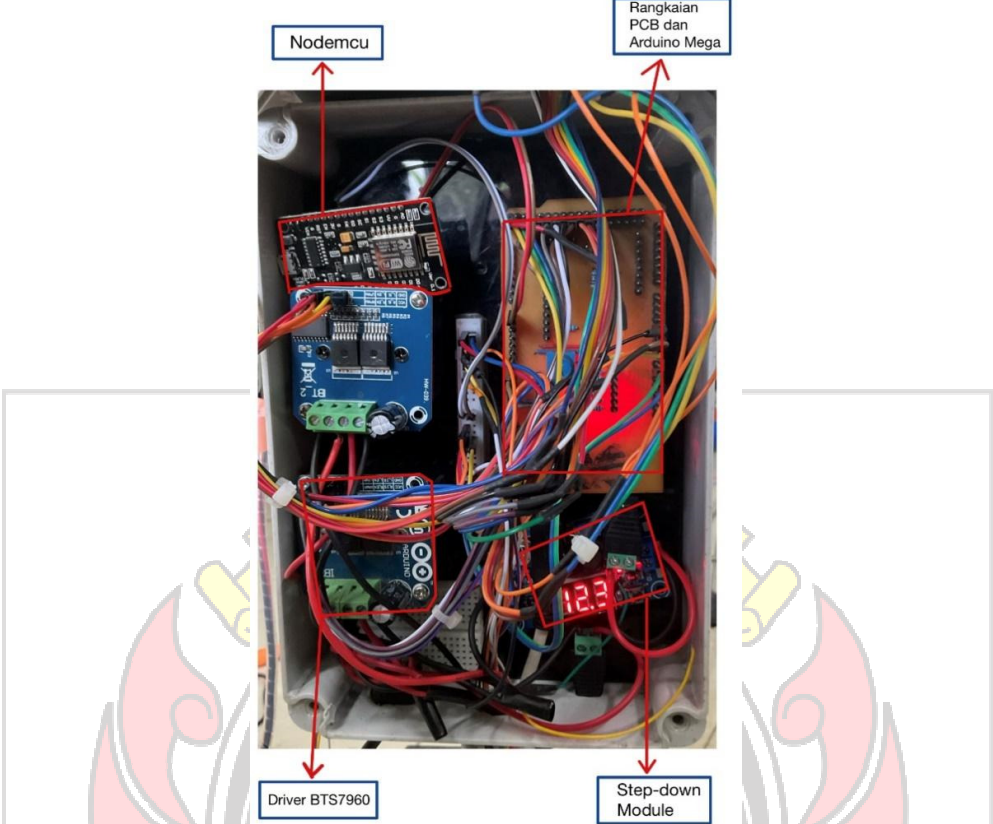
menggunakan motor linear agar derajat dan posisi lengan dapat bergerak secara presisi.



Gambar 4. 2 Motor Linear Adduksi Vertikal

4.1.2 Hasil Perancangan Elektronik

Pada perancangan elektronik, pengontrolan menggunakan Arduino Mega sebagai mikrokontroler sebab memiliki jumlah *port* yang banyak yang bisa dijadikan *input* dan *output* dan juga menggunakan NodeMCU untuk komunikasi IoT-nya. Pada pengerjaan ini dilakukan penggantian node mcu yang lama ke yang baru dikarenakan yang lama hilang, kemudian dilakukan juga penggantian driver motor yang lama ke yang baru dikarenakan driver yang lama telah rusak.

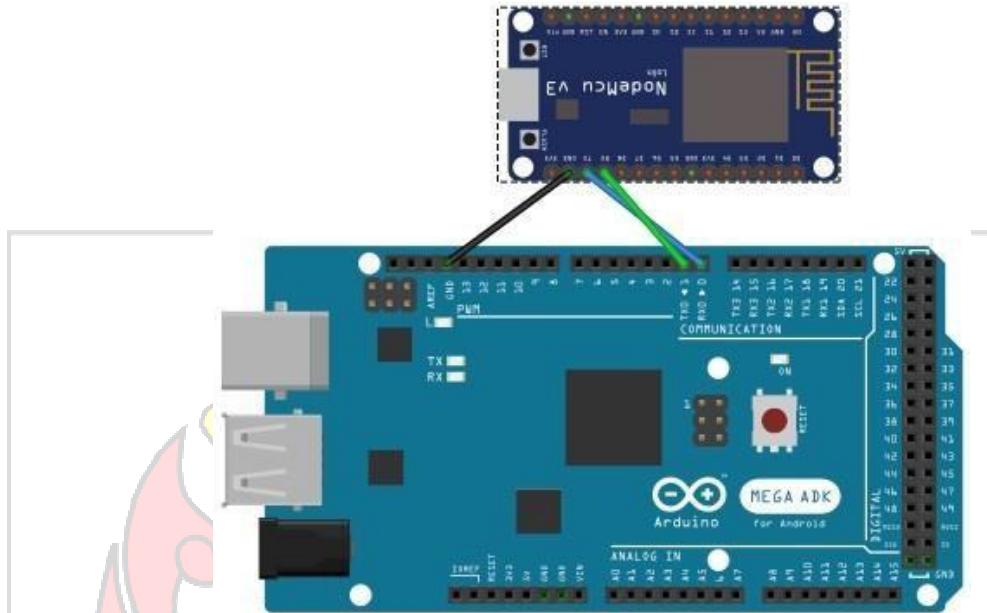


Gambar 4. 3 Rangkaian dan Komponen Elektronik



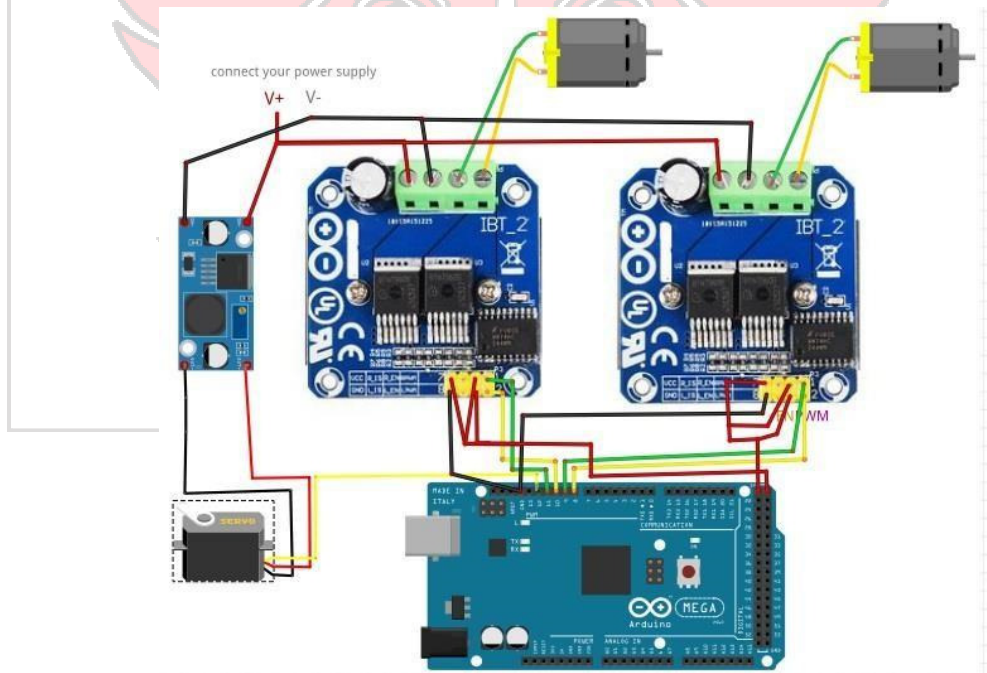
Gambar 4. 4 Tampilan Depan Box Panel Controller

1. Hubungan antara Arduino Mega dengan NodeMCU



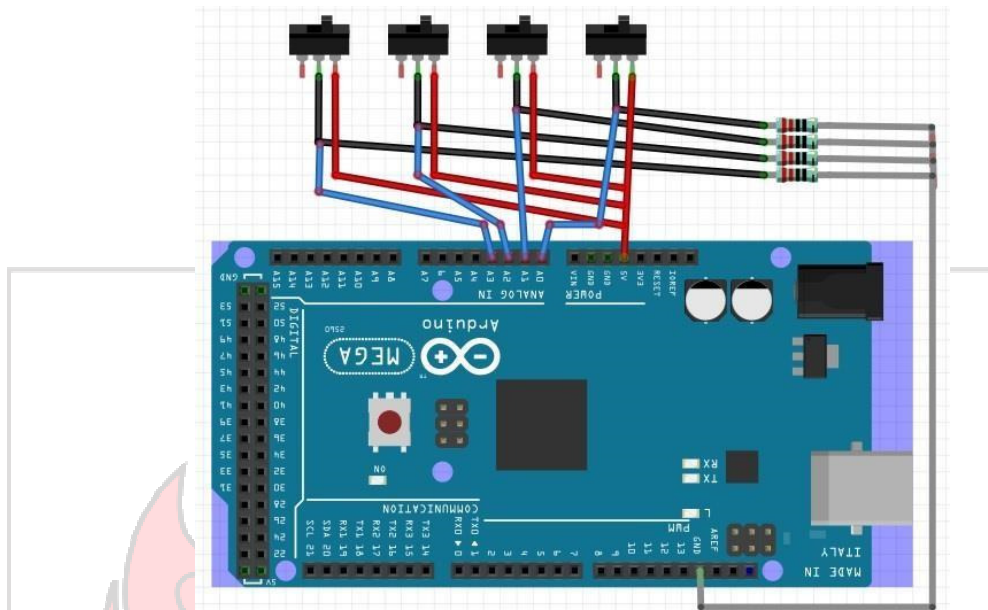
Gambar 4.5 *Wiring* Komunikasi Serial Arduino Mega dan NodeMCU

2. Hubungan antara motor, *driver*, dan Arduino Mega



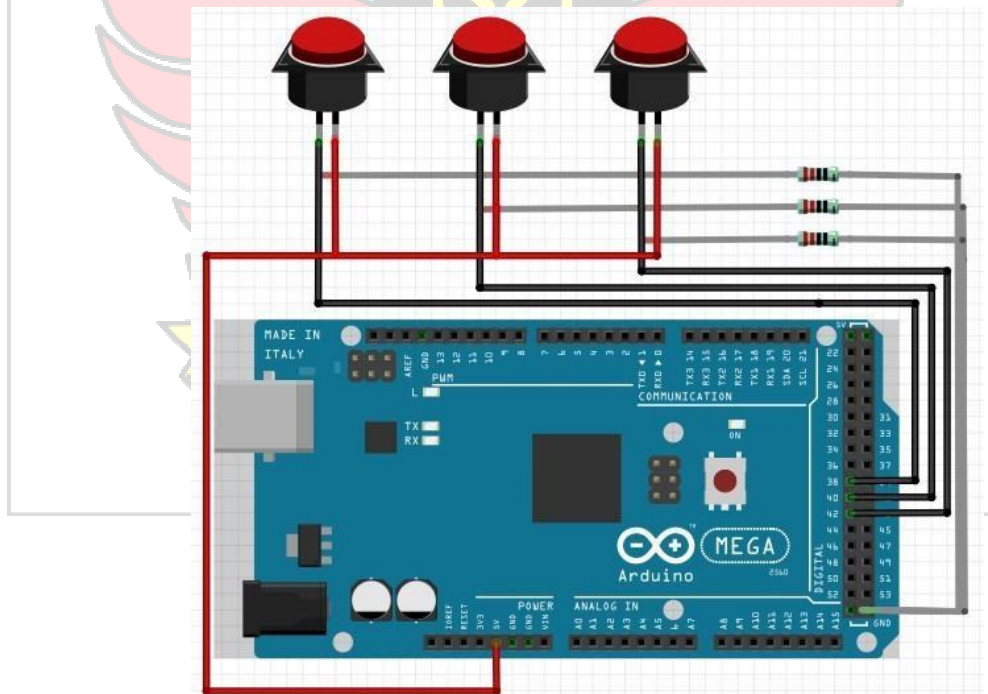
Gambar 4.6 *Wiring* Motor dan Arduino Mega

3. Hubungan antara *limit switch* dengan Arduino Mega



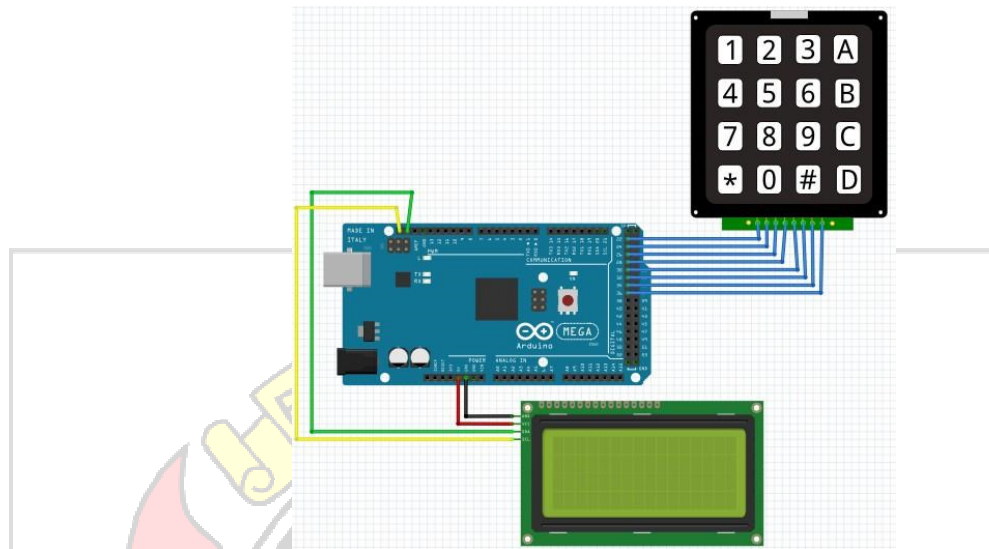
Gambar 4. 7 *Limit Switch* dan Arduino Mega

4. Hubungan antara *Button* dengan Arduino Mega



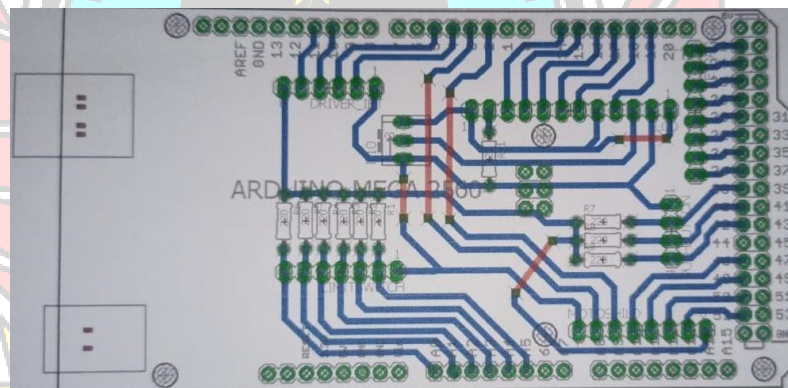
Gambar 4. 8 *Button* dan Arduino Mega

5. Hubungan antara keypad, lcd dan Arduino Mega



Gambar 4. 9 Keypad, LCD, dan Arduino Mega

6. Layout papan PCB



Gambar 4. 10 Layout papan PCB

4.1.3 Hasil Perancangan Program

Perancangan program pada robot rehabilitasi lengan terbagi menjadi 2 tahap yaitu pemrograman pada arduino Mega dan juga pemrograman aplikasi menggunakan smartphone.

1. Program pada Arduino mega

Untuk pembuatan program dilakukan menggunakan software Arduino yang mengatur proses kerja dari semua peralatan yang telah dibuat. Adapun listing program gerakan yang dibebankan pada mikrokontroller arduino sebagai berikut

1. Sub program untuk LCD dan Keypad
2. Sub program untuk tombol start, Stop dan Reset
3. Sub program untuk pergerakan motor
4. Sub program untuk mengambil data dari server
5. Sub program untuk memecah data yang di terima dari server
6. Sub program untuk pertanyaan jenis gerakan
7. Sub program untuk pertanyaan kecepatan
8. Sub program untuk pertanyaan jumlah pengulangan program
9. Sub program aplikasi untuk mengidentifikasi variabel dari pasien dan menentukan jenis gerakan yang dibutuhkan pasien

2. Program aplikasi menggunakan smartphone



The screenshot shows a mobile application interface on a smartphone. At the top, the status bar displays '4G', signal strength, '8.5K/s', the time '14:03', and battery level. The main content area has a white background with a light blue border. It contains the following elements:

- A prompt: "To continue, please fill all field"
- A label: "Patient Name:" followed by a text input field.
- A label: "Age:" followed by a text input field.
- A label: "Patient's Blood Pressure:" followed by a text input field containing a slash "/" and the unit "mmHg".
- A label: "Muscle Conditions:" followed by three dropdown menus labeled "Shoulder:", "Upper Hand:", and "Elbow:". Each dropdown menu currently shows the value "0".
- A blue button labeled "START" at the bottom center.

The background of the screenshot features a large, semi-transparent watermark of the official emblem of the Indonesian National Police (POLRI), which includes a shield with a scale of justice, a sword, and a banner with the motto "BERSAMA SAMA MELAKUKAN KEBERHAYUAN BANGSA".

Gambar 4. 11 Tampilan Aplikasi

Tahap pembuatan aplikasi smartphone berbasis internet of things dibuat berupa *code block* dalam aplikasi MIT App Inventor. Dalam sistem ini, smartphone berfungsi sebagai controller dimana di aplikasi pengguna dapat menginput nilai otot, nama pasien, umur pasien dan tekanan darah pasien. Di dalam aplikasi juga terdapat Riwayat penggunaan alat sehingga pengguna melakukan pengontrolan dan bisa mengetahui perkembangan pasien dari terapi yang dilakukannya. Dengan sistem ini diharapkan dapat mempermudah dalam pengoperasian alat.

4.1.4 Hasil Pengujian

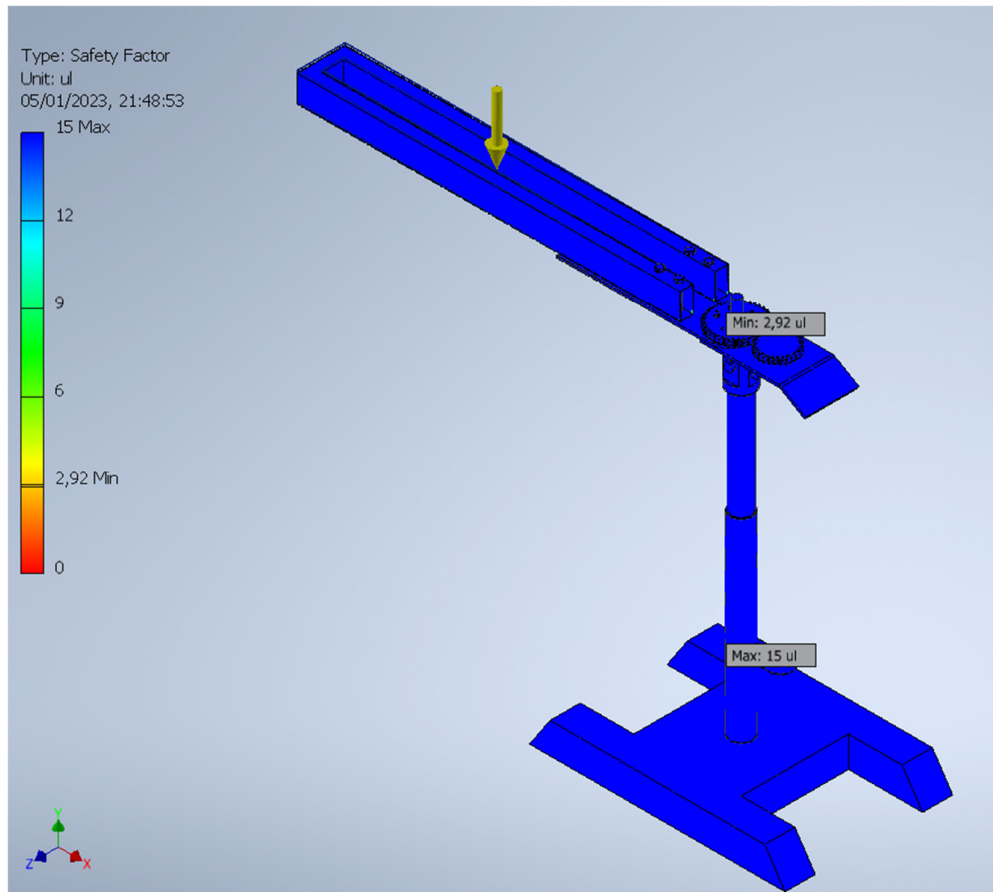
Hasil yang diperoleh berdasarkan pengujian yang dilakukan selama penelitian yaitu :

1. Hasil Pengujian Mekanik

Setelah sistem mekanik dibuat, pengujian pun harus dilakukan. Untuk itu beberapa instrumen digunakan untuk menentukan apakah sistem ini dapat berjalan dengan baik atau tidak. Untuk hal tersebut, penulis menggunakan aplikasi Autodesk Inventor untuk menentukan bagaimana sistem nantinya bekerja. Pada pengujian pertama, penulis menghitung *Safety Factor* untuk *body* alat. Sebagai referensi, penulis mencari literatur melalui internet untuk menentukan nilai *Safety Factor* yang tepat, sehingga penulis menggunakan nilai *Safety Factor* berdasarkan jenis beban (Dobrovolsky. 1968. Machine Elements). Nilai-nilai tersebut ialah :

1. Beban Statis = 1,25 – 2 [-]
2. Beban Dinamis = 2 – 3 [-]
3. Beban Kejut = 3 – 5 [-]

Untuk pengujian pertama, penulis menghitung beban tangan yang dapat ditahan oleh alat. Untuk penentuan beban, penulis menggunakan beban seberat 4 kg dan mendapatkan data sebagai berikut.

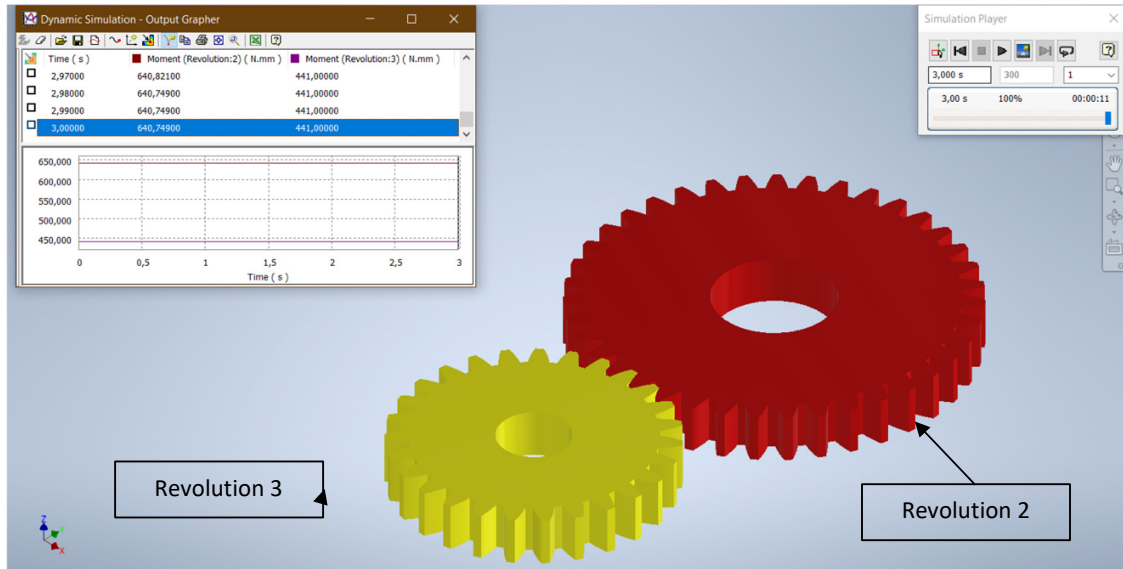


Gambar 4. 12 *Safety Factor* pada penopang lengan

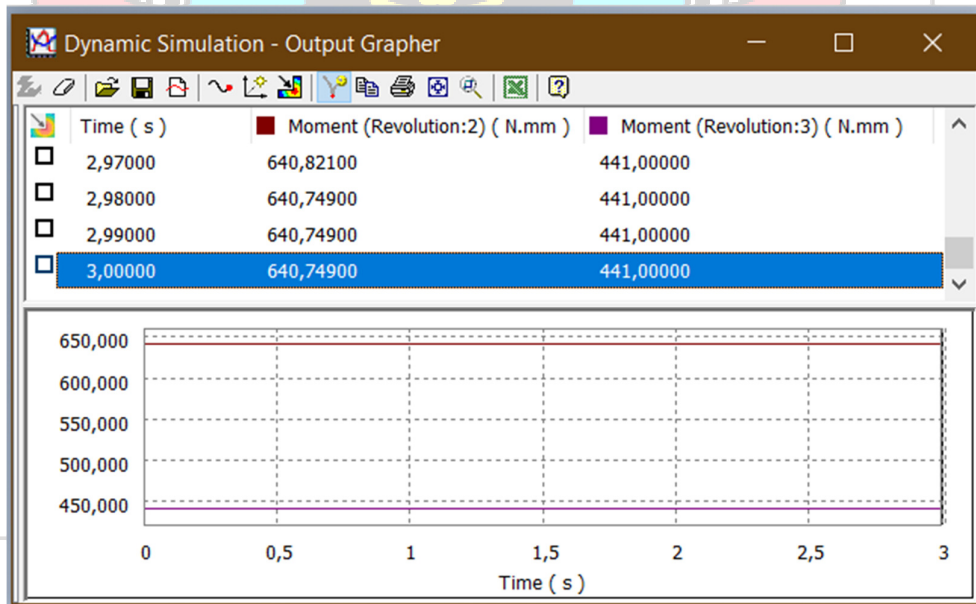
Pada Gambar 4. 12, dapat disimpulkan bahwa batas bawah *Safety Factor* untuk lengan yang dapat diangkut yaitu 2,92 [-], dimana nilai ini memasuki persyaratan untuk sistem beban dinamis (2-3 [-]). Sehingga rancangan mekanik sangat mampu untuk membawa beban seberat 4 kg.

Selain itu, untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan, maka penulis melakukan analisis pada sistem *gear* menggunakan Autodesk Inventor. Untuk analisis kali ini, penulis akan menghitung berapa beban maksimum yang dapat ditahan oleh motor menggunakan sistem

gear yang telah dibuat. Untuk beban maksimum yang dapat digerakkan oleh motor servo sebesar 35 kg (Tabel 2. 5).



Gambar 4. 13 Pengujian batas maksimum beban pada gear



Gambar 4. 14 Hasil Grafik pengujian sistem gear

Pada Gambar 4. 14, dapat disimpulkan bahwa dengan beban kemampuan motor sebesar 35 kg (441 N.mm pada Revolution 3) mampu menahan beban hingga 65 kg (640 N.mm pada Revolution 2).

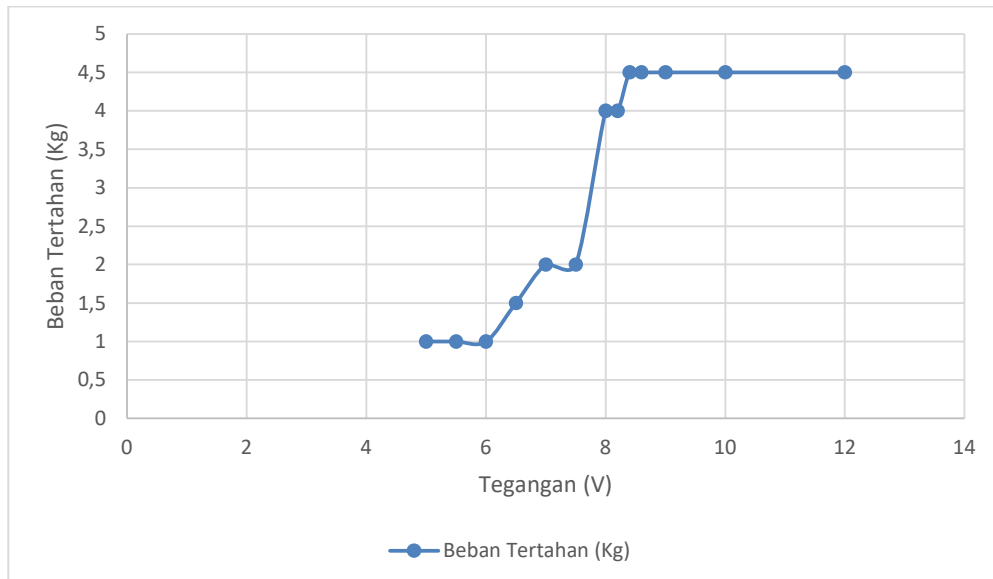
Sehingga dengan hasil pengujian, maka beban seberat 4 kg dapat ditahan dengan sangat baik.

2. Pengujian Motor Servo

Pada tahap pengujian motor servo, dilakukan pembacaan tegangan yang dibutuhkan terhadap beban yang diberikan. Dalam pengujian ini digunakan jenis material *gear* plastik PLA (*Polylactic Acid*) dan juga penggunaan *step-down* untuk mengatur tegangan pada motor servo. Beban yang diberikan divariasikan hingga dimana servo tidak dapat menggerakkan beban tersebut. Batas beban yang ditetapkan adalah 4,5 Kg, dimana berat ini diambil dari beban lengan alat keseluruhan ditambah dengan beban lengan dari salah satu penulis.

Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengujian Motor Servo

No	Tegangan (V)	Beban Tertahan	Keterangan
1	5	1 Kg	Tidak sesuai
2	5.5	1 Kg	Tidak sesuai
3	6	1 Kg	Tidak sesuai
4	6.5	1 Kg	Tidak sesuai
5	7	1,5 Kg	Lemah
6	7.5	1,5 Kg	Lemah
7	8	4 Kg	Stabil
8	8.2	4 Kg	Stabil
9	8.4	4,5 Kg	Mulus
10	8.6	4,5 Kg	Mulus
11	9	4,5 Kg	Tidak teratur
12	10	4,5 Kg	Tidak teratur
13	12	4,5 Kg	Tidak teratur



Gambar 4. 15 Grafik Hubungan antara Beban yang dapat Ditahan dengan Tegangan

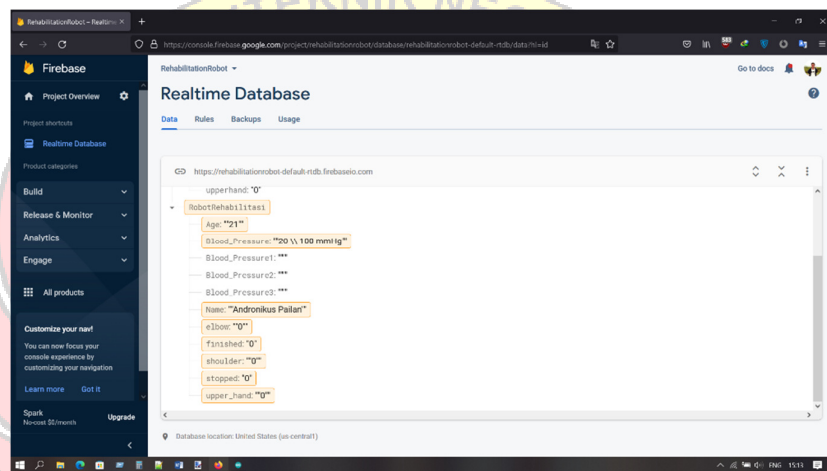
Berdasarkan Gambar 4. 12, pada saat tegangan yang diberikan sebesar 8-12V motor servo dapat melakukan pergerakan pada beban 4,5 Kg, namun beberapa pergerakan yang dilakukan tidak optimal. Hal ini dapat dijelaskan pada Tabel 4. 2, dimana pada tegangan 9-12V, motor servo melakukan gerakan acak (pada keterangan tertulis tidak stabil). Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa penggunaan material plastik PLA (*Polylactic Acid*) pada gear berpengaruh besar terhadap kinerja dari motor servo. Motor servo dengan spesifikasi 40 kgf.cm dapat bekerja dengan optimal ditegangan 8,4-8,6V. pengujian ini dilakukan dengan mengukur tegangan menggunakan alat ukur multimeter.

3. Pengujian aplikasi

Pengujian ini dibagi menjadi 4 bagian yaitu :

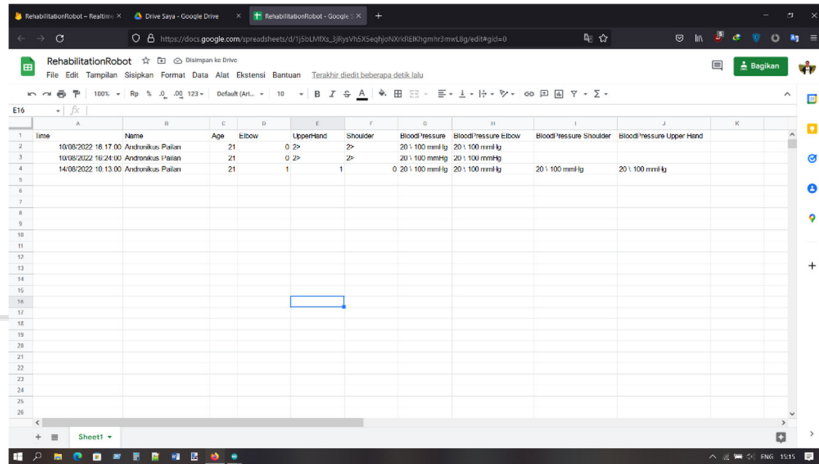
a. Aplikasi mengirim data ke server

Dilakukan pengujian dengan cara memberikan inputan pada aplikasi berupa nama pasien, jenis gerakan, kecepatan dan jumlah pengulangan yang diinginkan.



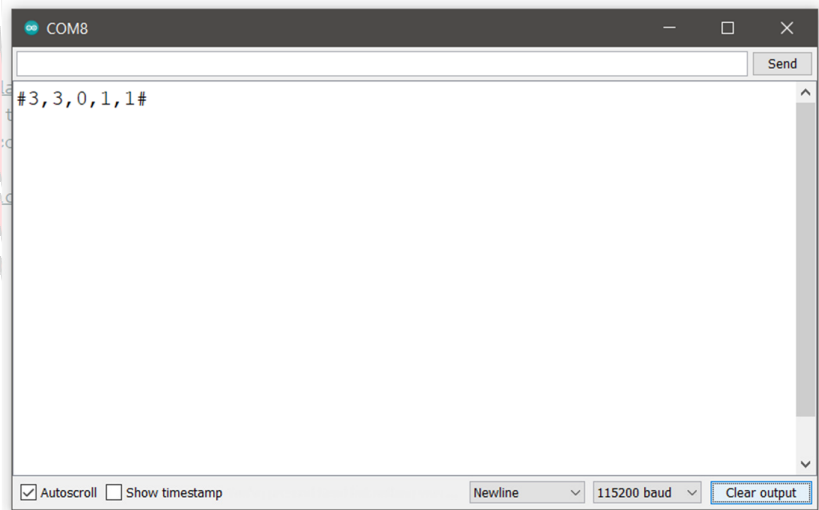
Gambar 4. 16 Aplikasi mengirim data ke *Firebase*

Data yang dikirim dari ke *firebase* juga dikirim ke *google spreadsheet* untuk dijadikan riwayat penggunaan alat.



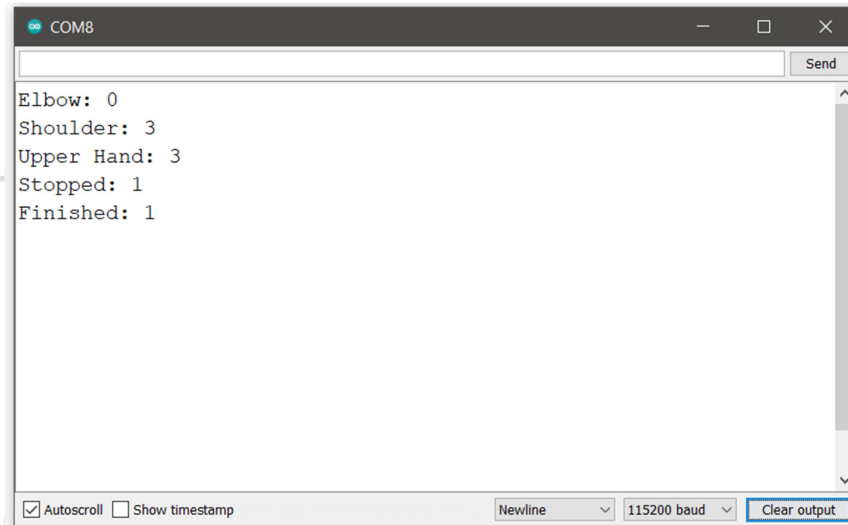
Gambar 4. 17 Aplikasi mengirim data ke *Google Spreadsheet*

b. NodeMCU mengambil data dari Firebase



Gambar 4. 18 Tampilan data dari *Firebase* ke NodeMCU

c. NodeMCU meneruskan data ke Arduino Mega



```
COM8
Send
Elbow: 0
Shoulder: 3
Upper Hand: 3
Stopped: 1
Finished: 1
Autoscroll Show timestamp Newline 115200 baud Clear output
```

Gambar 4. 19 Tampilan data dari NodeMCU diserialkan ke Arduino Mega

d. Penjelasan pengambilan data dari *Firestore*

Pada gambar 4. 14, dapat dilihat angka berupa 3, 3, 0, 1, 1 dimana angka tersebut dijabarkan menjadi beberapa kategori yang dapat dilihat pada gambar 4. 15. Pada gambar 4. 15, dapat dilihat ada 5 kategori yang terjabarkan, yaitu Elbow, Shoulder, Upper Hand, Stopped, dan Finished.

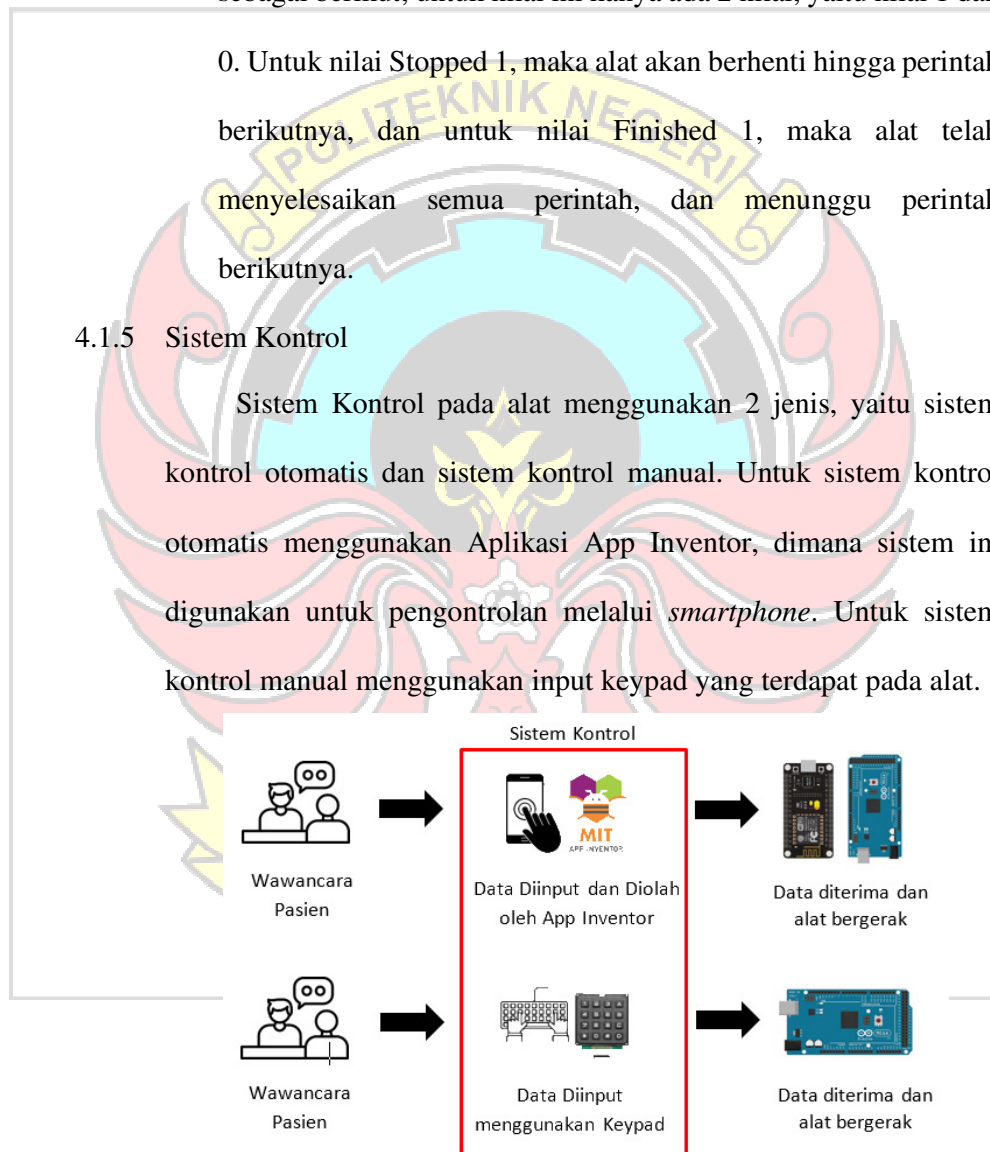
Untuk nilai Elbow, Shoulder, dan Upper hand, ini adalah nilai otot yang dimasukkan sesuai pada aplikasi (dapat dilihat pada gambar 4. 10, pada bagian Muscle Conditions). Untuk nilai otot yang dijabarkan dapat diterangkan sebagai berikut; nilai yang dapat tertampil adalah 3 angka, yaitu nilai 0, 1, 2, dan 3. Untuk angka 0, aplikasi menampilkan nilai 0. Untuk angka 1, aplikasi

menampilkan nilai 1. Untuk angka 2, aplikasi menampilkan nilai 2, dan untuk angka 3, aplikasi menampilkan nilai 2> (alat jeda untuk sementara waktu).

Untuk kondisi Stopped dan Finished dapat dijabarkan sebagai berikut; untuk nilai ini hanya ada 2 nilai, yaitu nilai 1 dan 0. Untuk nilai Stopped 1, maka alat akan berhenti hingga perintah berikutnya, dan untuk nilai Finished 1, maka alat telah menyelesaikan semua perintah, dan menunggu perintah berikutnya.

4.1.5 Sistem Kontrol

Sistem Kontrol pada alat menggunakan 2 jenis, yaitu sistem kontrol otomatis dan sistem kontrol manual. Untuk sistem kontrol otomatis menggunakan Aplikasi App Inventor, dimana sistem ini digunakan untuk pengontrolan melalui *smartphone*. Untuk sistem kontrol manual menggunakan input keypad yang terdapat pada alat.



Gambar 4. 20 Sistem Kontrol

4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Hasil Pengujian Mekanik

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, dapat diketahui bahwa dengan perancangan *body* yang sesuai, maka beban yang dapat ditahan oleh alat akan lebih baik. Dengan menggunakan aplikasi

Autodesk Inventor, dapat diketahui dengan desain *body* alat, maka kekuatan tangan yang dapat ditahan sebesar 4 kg akan memiliki nilai *Safety Factor* minimum sebesar 2,92 [-], dimana ini memenuhi persyaratan untuk pengangkutan beban dinamis dengan rentang *Safety Factor* sebesar 2 – 3 [-].

Dengan desain *gear* yang sudah dilakukan juga dapat diketahui beban maksimum yang dapat ditahan dengan motor servo 35 kg dapat menahan beban hingga 65 kg. Sehingga dengan desain *gear* yang ada, beban sebesar 4 kg dapat ditahan dengan sangat mudah.

4.2.2 Analisa Hasil Pengujian Motor Servo

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa penggantian motor *power window* dengan motor servo pada pergerakan kiri-kanan dapat membuat pengoperasian alat lebih efektif dikarenakan penggunaan motor servo dapat membuat

posisi lengan robot berada di tengah dengan mengatur derajat.

Berbeda dengan saat menggunakan motor *power window* dimana posisi berhentinya lengan hanya bisa di posisi kiri saja. Adapun penggunaan *gear* plastik PLA (*Polylactic Acid*) sangat membantu

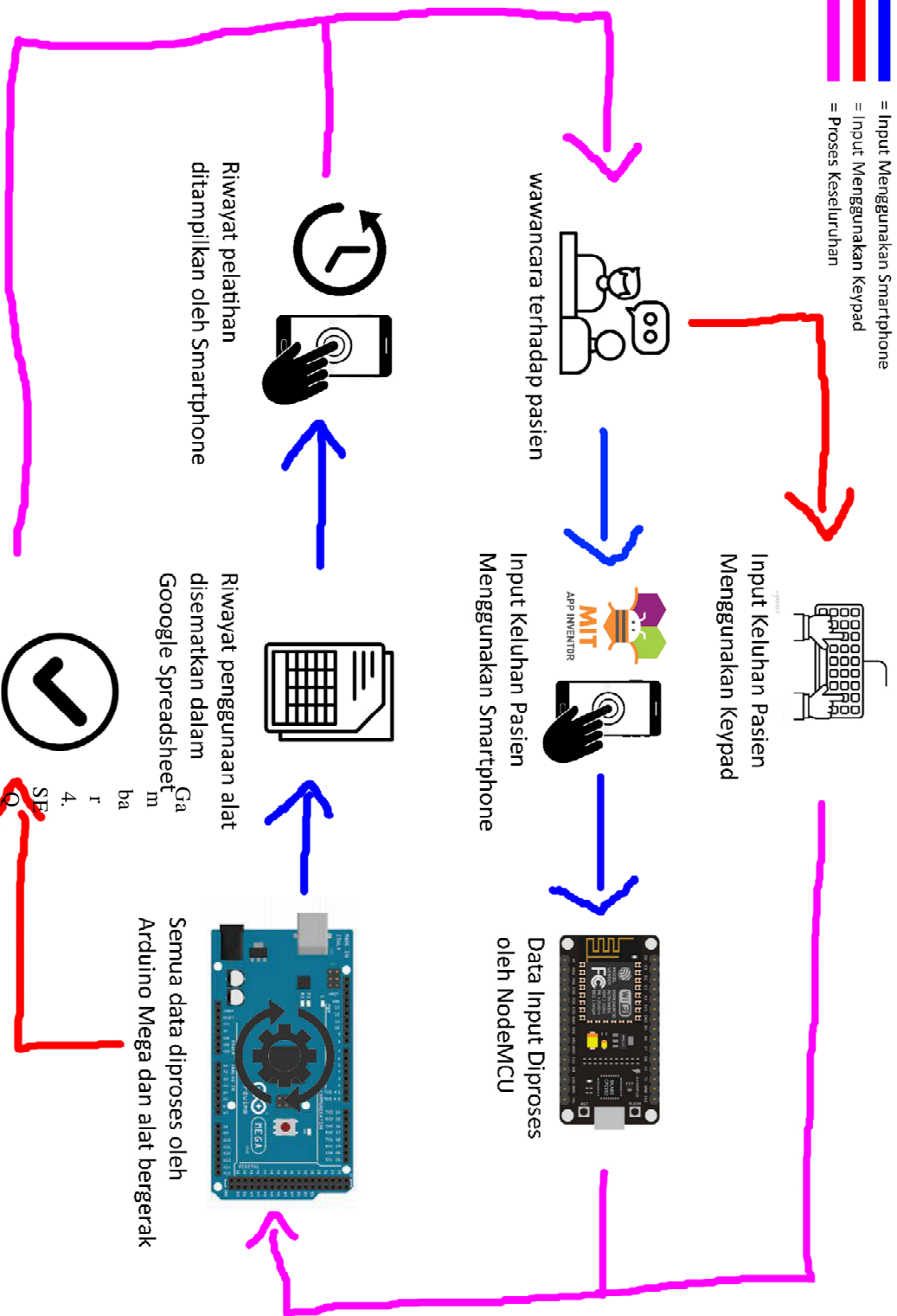
untuk meringankan beban dari motor servo.

Pada saat menggunakan tegangan langsung dari arduino yaitu 5V motor servo tidak dapat bergerak maka penulis mencoba menggunakan modul *step-down* dengan inputan dari adaptor sebesar 12V dan tegangan keluaran yang diteruskan ke motor servo dapat diatur. Setelah beberapa kali percobaan didapatkan tegangan optimal untuk pergerakan motor yang mulus yaitu 8,6V. Penggunaan kabel juga dapat mempengaruhi kestabilan tegangan yang dikirim ke motor servo

4.2.3 Analisa Hasil Pengujian Aplikasi

Sebelum melakukan pengujian dipastikan NodeMCU maupun *smartphone* terhubung ke internet terlebih dahulu, setelah dipastikan sudah terhubung maka selanjutnya dilakukan penginputan pada aplikasi berupa nama, umur, nilai otot dan tekanan darah. Setelah melakukan penginputan maka tekan tombol *start* pada aplikasi yang selanjutnya data yang telah diinput akan diteruskan ke *firebase* sebagai server. Dikarenakan *firebase* merupakan *real-time database* maka tidak dapat melihat riwayat data apa saja yang telah dikirimkan, maka dari itu dibuatlah *google spreadsheet* sebagai server penyimpan riwayat data yang telah dikirim aplikasi. Selanjutnya NodeMCU mengambil data yang tersimpan di *firebase* yang kemudian akan diteruskan ke Arduino Mega menggunakan komunikasi serial untuk selanjutnya diolah dan mengoperasikan alat.

- █ = Input Menggunakan Smartphone
- █ = Input Menggunakan Keypad
- █ = Proses Keseluruhan



Pelatihan Selesai
 Mengulang semua program

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

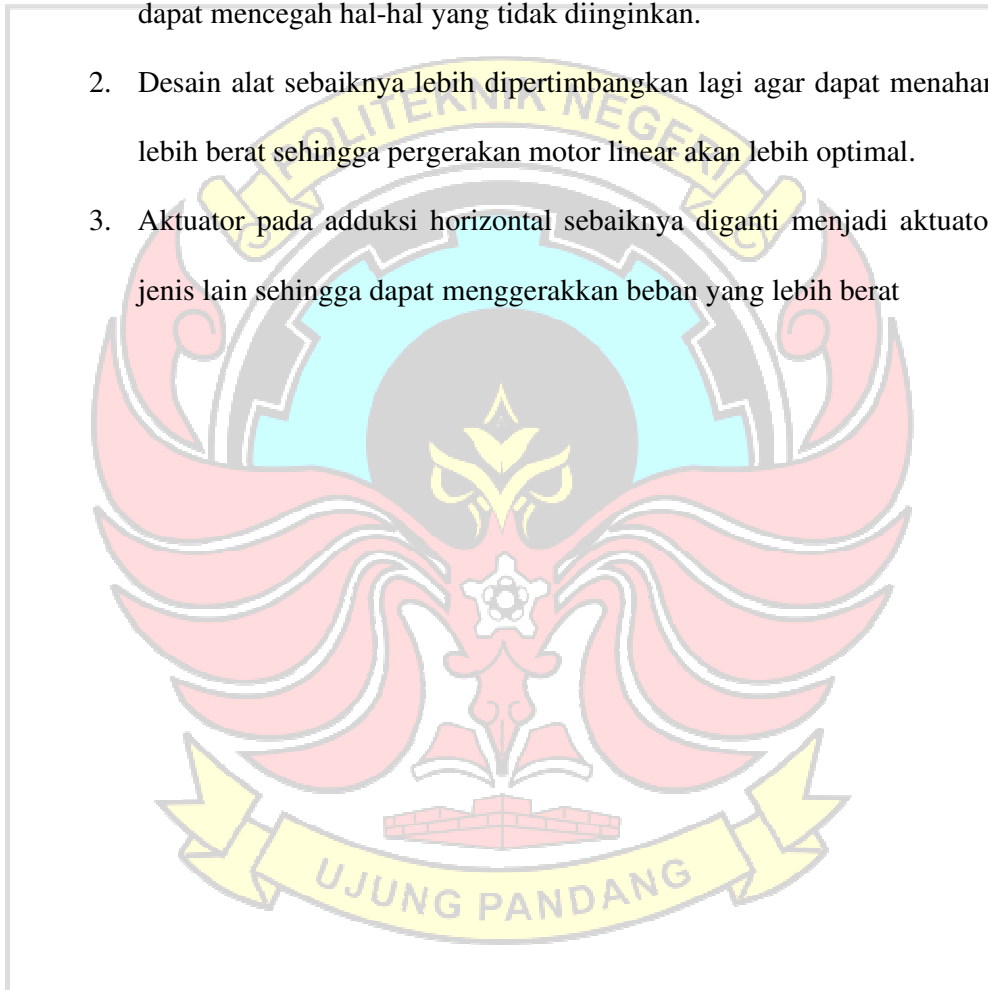
Dari hasil dan pembahasan penelitian ini, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut

1. Dengan membuat dan mengembangkan sistem *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things* pada alat, kemampuan alat untuk bekerja dapat jauh lebih efisien dari sebelumnya. Sayangnya penerapan sistem *Emergency Stop* masih belum bisa dilakukan sehingga pengontrolan alat masih perlu dipantau agar dapat menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.
2. Dengan penggantian sistem aktuator pada adduksi vertikal menjadi motor linear, pergerakan alat menjadi lebih baik dan lebih mudah diprediksi. Namun dikarenakan desain alat yang masih menggunakan konsep yang sama pada pengembangan sebelumnya, beban yang dapat ditahan oleh alat pun berkurang sehingga kekuatan motor untuk menarik beban masih belum optimal.
3. Dengan perancangan ulang pada sistem transmisi adduksi horizontal, pergerakan motor bisa lebih optimal. Namun dikarenakan aktuator yang digunakan adalah motor servo, sangat disarankan untuk menggunakan aktuator lain sehingga alat dapat menggerakkan beban yang lebih berat.

5.2 Saran

Berikut ini beberapa saran untuk pengembangan robot rehabilitasi lengan kedepannya:

1. Fitur *Emergency Stop* sebaiknya bisa diterapkan pada aplikasi sehingga dapat mencegah hal-hal yang tidak diinginkan.
2. Desain alat sebaiknya lebih dipertimbangkan lagi agar dapat menahan lebih berat sehingga pergerakan motor linear akan lebih optimal.
3. Aktuator pada adduksi horizontal sebaiknya diganti menjadi aktuator jenis lain sehingga dapat menggerakkan beban yang lebih berat



DAFTAR PUSTAKA

- Agus, Muh. dan Ikram. 2017. Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan untuk Penderita Stroke. Skripsi. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Alodokter. 2020. Stroke - Gejala, penyebab dan mengobati - Alodokter. (online). (<https://www.alodokter.com/stroke>) Diakses 09 Februari 2022
- Arduino Home Page. 2012. *Arduino Mega Getting Started*. (online). (<http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBordMega>) Diakses 09 Februari 2022
- Bastian, Y. D. 2011. Rehabilitasi Stroke. RS. Mitra Keluarga, Depok. (online). (<http://www.mitrakeluarga.com/depok/rehabilitasi-stroke>). Diakses 09 Februari 2022
- Dalgas, U., Stenager, E., Ingemann-Hansen, T., 2008. Multiple sclerosis and physical exercis: recommendations for the application of resistance, endurance and combined-training. *Multiple Sclerosis*, 14(1): 35-53.
- Faculty of Medicine Hasanuddin University. 2016. Pemeriksaan *Manual Muscle Testing* (MMT) Ekstremitas Inferior. (online). (<https://med.unhas.ac.id/>) Diakses 20 Maret 2022
- Fatahillah, Fikri. dan Fitriani. 2021. Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis *Internet of Things* Menggunakan *Smartphone*. Skripsi. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- GENPHOAL. 2015. Linear motor. (online). (<https://www.andmotor.com/linear-motor/>) Diakses 18 Maret 2022
- Mubarak, Husnul. 2016. Wawancara langsung, Fisioterapi, RS. Universitas Hasanudin Makassar.
- Rahmat, Abdul dan Muh. Syahid Iswal. 2016. Rancang Bangun Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke. Skripsi. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Smeltzer C. S, Brunner dan Suddarth. 2002. *Buku Ajar Keperawatan Medikal Bedah*. Jakarta : EGC

Susilo. 2000. *Simposium Stroke, Patofisiologi Dan Penanganan Stroke, Suatu Pendekatan Baru Millenium III*. Bangkalan: IDI

Syafrie Afrizal, Muh dan Muhammad Fiqih Mahmuda. 2020. Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita Stroke Berbasis *Internet of Things*. Skripsi. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

TekniKece. 2022. 10 Roda Gigi Lurus. (*online*). (<https://teknikece.com/roda-gigi/lurus/>) Diakses 20 Maret 2022

TEKNOIOT. 2022. 10 Penerapan Kecerdasan Buatan Dalam Bidang Kesehatan. (*online*). (<https://www.teknoiot.com/penerapan-kecerdasan-buatan-dalam-bidang-kesehatan/>) Diakses 25 Februari 2022

Widiyanto. 2009. Terapi Gerak Bagi Penderita Stroke. Universitas Negeri Yogyakarta. Indonesia.

Wikipedia. 2022. Kecerdasan Buatan. (*online*). (https://id.wikipedia.org/wiki/Kecerdasan_buatan) Diakses 16 Februari 2022

Wirawan, R. 2009. Rehabilitasi Stroke pada Pelayanan Kesehatan Primer. Volume 59. Majalah Kedokteran Indonesia. Jakarta. (*online*). (www.indonesia.digitaljournals.org). Diakses 09 Februari 2022

Yusuf, Jabarullah. 2022. Wawancara langsung, Fisioterapi, Politeknik Kesehatan Kemenkes Makassar.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Asistensi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jln. Perintis Kemerdekaan Km 10, Makassar 90245

☎ (0411) 585365, 585367, 585368 Fax (586043)

E-mail: pnup@poliupg.ac.id

Home page: <http://www.poliupg.ac.id>

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Andi Muh Rizky Ramadhan (444 18 005)
2. Andronikus pailan (444 18 006)

Judul Skripsi : Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita *Stroke* Berbasis *Artificial Intelligence* Dan *Internet Of Things*

NO	TANGGAL	URAIAN REVISI	PARAF
1.	24/03/2022	- Memaksimalkan RAB	
2.	07/04/2022	- Memperjelas dimensi alat - Mengerjakan alat sesuai dengan jadwal	
3.	21/04/2022	- Menambahkan keterangan terealisasi atau tidak pada jadwal	
4.	19/05/2022	- Menambahkan keterangan pada gambar	
5.	16/06/2022	- Melakukan simulasi untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat	
6.	30/06/2022	- Memperjelas system IOT	
7.	14/07/2022	- Melanjutkan pengerjaan alat - Membuat model rancangan alat di inventor	
8.	28/07/2022	- Perbaiki transmisi gear	
9.	05/08/2022	- Kesimpulan dan saran-saran - Memperbaiki dan merapikan tulisan sesuai pedoman.	
10.	10/08/2022	Acc untuk ujian	

Makassar, 10 Agustus 2022

Pembimbing I

Ir. Lewi, M.T.

NIP. 19650913 199103 1 006



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

Jln. Perintis Kemerdekaan Km 10, Makassar 90245

☎ (0411) 585365, 585367, 585368 Fax (586043)

E-mail: pnup@poliupg.ac.id

Home page: <http://www.poliupg.ac.id>

LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : 1. Andi Muh Rizky Ramadhan (444 18 005)
2. Andronikus pailan (444 18 006)

Judul Skripsi : Pengembangan Robot Rehabilitasi Lengan Bagi Penderita *Stroke* Berbasis
Artificial Intelligence Dan *Internet Of Things*

NO	TANGGAL	URAIAN REVISI	PARAF
1.	24/03/2022	- Memaksimalkan RAB	
2.	07/04/2022	- Memperjelas dimensi alat - Mengerjakan alat sesuai dengan jadwal	
3.	21/04/2022	- Menambahkan keterangan terealisasikan atau tidak pada jadwal	
4.	19/05/2022	- Menambahkan keterangan pada gambar	
5.	16/06/2022	- Melakukan simulasi untuk mengetahui kinerja alat yang dibuat	
6.	30/06/2022	- Memperjelas system IOT	
7.	14/07/2022	- Melanjutkan pengerjaan alat - Membuat model rancangan alat di inventor	
8.	28/07/2022	- Perbaiki transmisi gear	
9.		<i>Ace ulung hant</i>	
10.			

Makassar, 15/08/ 2022

Pembimbing II

Dr. Ir. Simon Ka'ka, M.T

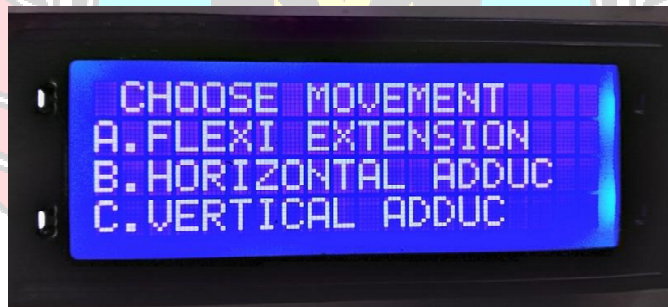
NIP. 19590913 198803 1 001

Lampiran 2 Tahapan-tahapan pengoperasian

1. Hubungkan adaptor 12V ke listrik 220 V.
2. Tekan tombol ON pada panel, dan tekan tombol MANUAL.
3. Tekan tombol START maka muncul pertanyaan untuk memilih jenis gerakan yang diinginkan.



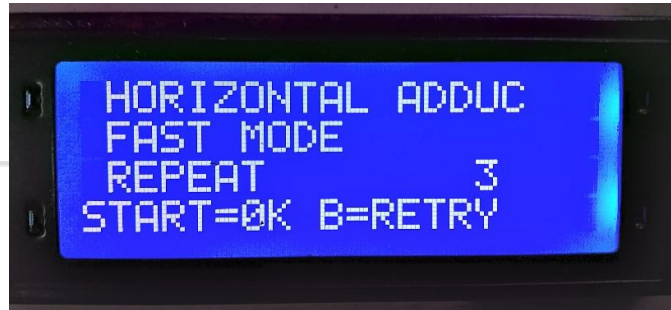
4. Setelah meng-input jenis gerakan, maka muncul menu selanjutnya untuk memilih kecepatan motor yang diinginkan



5. Setelah meng-input kecepatan motor, maka muncul menu selanjutnya untuk memilih berapa jumlah gerakan pengulangan yang diinginkan



6. Jika kita telah menginput jumlah gerakan yang diinginkan, maka akan muncul tiga parameter untuk meyakinkan bahwa gerakan yang diinginkan sudah sesuai dengan perintah untuk dijalankan dalam program



7. Jika data selesai maka tekan tombol START untuk melakukan proses rehabilitasi dan motor akan bergerak otomatis sesuai perintah yang diinput sebelumnya, tapi jika merasa ada yang salah dalam melakukan input dari 3 parameter yang ada, maka bisa menekan D untuk meng-input kembali.



8. Proses pergerakan terhitung satu kali jika kedua limit switch pada setiap lengan tertekan.
9. Setelah menggunakan alat maka lepas adaptor.
10. Selesai

Lampiran 3 Penggunaan Aplikasi

1. Buka aplikasi, dan tekan tombol INPUT DATA



2. Masukkan data-data yang diinginkan yaitu berupa nama pasien, umur pasien, tekanan darah pasien, serta nilai otot yang diinginkan. Setelah itu, tekan tombol START.

To continue, please fill all field

Patient Name:

Age:

Patient's Blood Pressure: / mmHg

Muscle Conditions :

Shoulder :

Upper Hand :

Elbow :

START

3. Sementara alat berjalan, akan ada pilihan untuk memasukkan tekanan darah pasien. Tekanan darah sebaiknya dimasukkan kedalam kolom yang kosong setelah sebuah gerakan set telah dilakukan

Elbow Training



Input Patient's Blood Pressure

CONTINUE

Shoulder Training



Input Patient's Blood Pressure

CONTINUE

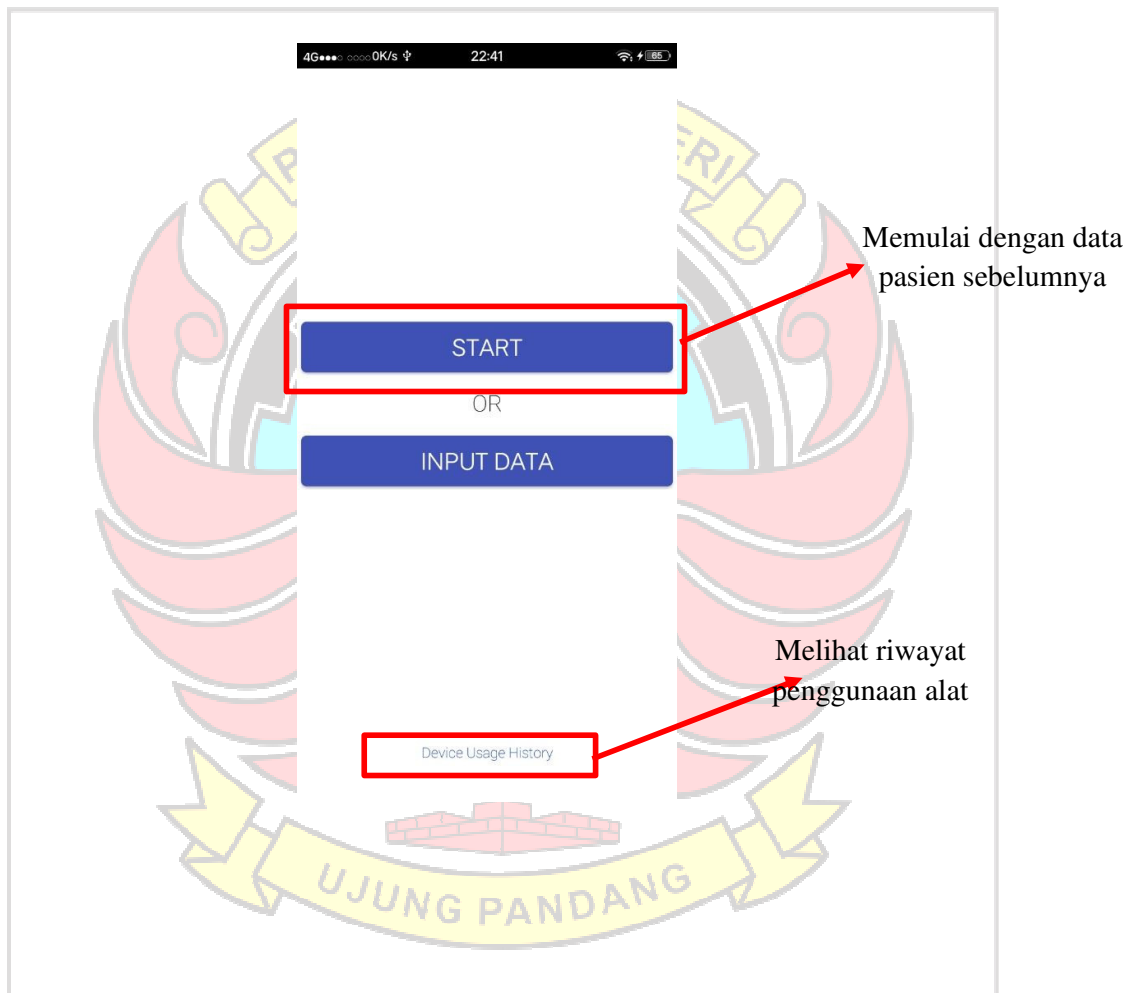
Upper Hand Training



Input Patient's Blood Pressure

CONTINUE

4. Setelah semua gerakan set dilakukan, maka dapat mengklik gambar *checklist*.
5. Setelah itu, aplikasi akan mereport dengan singkat setiap bagian otot yang telah dilatih.
6. Untuk melihat riwayat penggunaan alat, dapat mengklik tulisan “Device Usage History” yang tertera pada bagian bawah awal aplikasi. Untuk memulai alat berdasar dari data pasien sebelumnya dapat menekan tombol START.

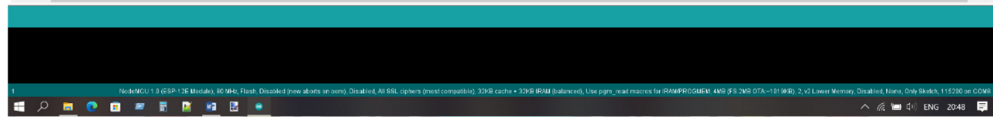


Lampiran 4 Program Arduino Mega

```
program_arduino_rev | Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33
File Edit Sketch Tools Help
program_arduino_rev
1 #include <Wire.h>
2 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
3 #include <Keypad.h>
4 #include <Servo.h>
5 Servo myservo;
6
7 void (*Reset_ya)(void) = 0;
8 ///////////////RESET MICON////////////////////////////////////////
9
10 const int Start = 38;
11 const int Stopp = 40;
12 const int Reset = 42;
13 const int PWM_1 = 10;
14 const int PWM_2 = 11;
15 const int PWM_3 = 9;
16 const int PWM_4 = 8;
17 const int Limit_Max1 = A2;
18 const int Limit_Min1 = A3;
19 const int Limit_Max2 = A0;
20 const int Limit_Min2 = A1;
21 const int addr = 1;
22 const int strafe = 51;
23 ///////////////MENGANTI NAMA PIN////////////////////////////////////////
24
25 String dataIn;
26 String dt[10];
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286 void PertanyaanKecepatan()
287 {
288   lcd.clear();
289   lcd.setCursor(0, 0);
290   lcd.print(" CHOOSE SPEED ");
291   lcd.setCursor(0, 1);
292   lcd.print("A FAST MODE ");
293   lcd.setCursor(0, 2);
294   lcd.print("B MEDIUM MODE");
295   lcd.setCursor(0, 3);
296   lcd.print("C SLOW MODE");
297   InputKecLagi;
298   Stop();
299   char keypressed = myKeypad.getKey();
300   if ((keypressed == 'A') && (K == 1))
301   {
302     kec = 255;
303     Serial.println("kec=100");
304     goto InputOk;
305   }
306   else if ((keypressed == 'B') && (K == 1))
307   {
308     kec = 200;
309     Serial.println("kec=70");
310     goto InputOk;
311   }
312 }
```

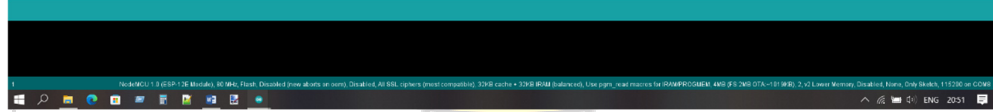


```
program_utama_rev | Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33
File Edit Sketch Tools Help
program_utama_rev
982     lcd.setCursor(0, 0);
983     lcd.print(" STATUS = RUN ");
984     lcd.setCursor(0, 1);
985     lcd.print(" SHOULDER TRAIN ");
986     lcd.setCursor(0, 2);
987     lcd.print(" VALUE 0 ");
988     lcd.setCursor(0, 3);
989     lcd.print(" REMAIN TIMES ");
990     lcd.setCursor(16, 3);
991     lcd.print(i);
992     delay(2000);
993 }
994
995 MotorStop();
996 lcd.clear();
997 lcd.setCursor(0, 0);
998 lcd.print(" STATUS = RUN ");
999 lcd.setCursor(0, 1);
1000 lcd.print(" REST A BIT ");
1001 lcd.setCursor(0, 2);
1002 lcd.print(".....");
1003 delay(1500);
1004
1005 for (i = 1; i <= 8; i += 1) {
1006     MotorKiri();
1007     lcd.clear();
```



Lampiran 5 Program NodeMCU

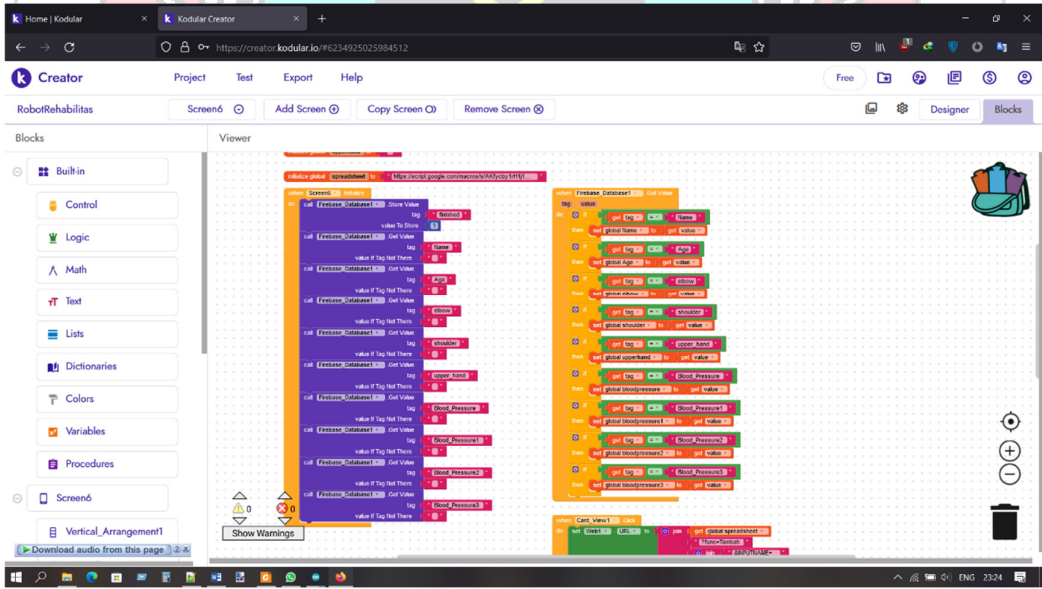
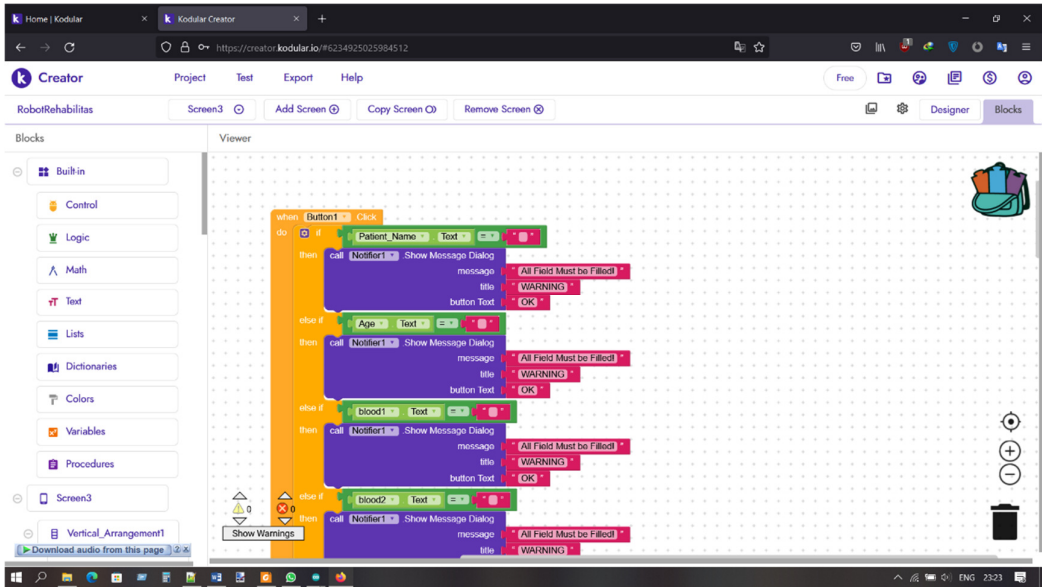
```
program_node MCU | Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/23 09:33
File Edit Sketch Tools Help
program_node MCU
1 #include <ESP8266WiFi.h>
2 #include <Firebase_ESP_Client.h>
3
4 //Provide the token generation process info.
5 #include "addons/TokenHelper.h"
6 //Provide the RTDB payload printing info and other helper functions.
7 #include "addons/RTDBHelper.h"
8
9 // Insert your network credentials
10 #define WIFI_SSID "ITU MD"
11 #define WIFI_PASSWORD "Ituitul23"
12
13 // Insert Firebase project API Key
14 #define API_KEY "A1zaSyC1rqa2OgiiDCv8ngmumhKbi4yBijN4MCM "
15
16 // Insert RTDB URL Define the RTDB URL */
17 #define DATABASE_URL "https://rehabilitationrobot-default-rtdb.firebaseio.com/"
18
19 //Define Firebase Data object
20 FirebaseData fdbdo;
21
22 FirebaseAuth auth;
23 FirebaseConfig config;
24
25 ;
26 unsigned long sendDataPrevMillis = 0;
27 String shoulder;
```




```
program_nodemcu | Arduino 1.8.20 Hourly Build 2022/04/25 09:33
File Edit Sketch Tools Help
program_nodemcu
75   if (fbdo.dataType() == "string") {
76     elbow = fbdo.stringData();
77   }
78   if (Firebase.RTDB.getString(fbdo, "/DataOtot/shoulder") {
80     if (fbdo.dataType() == "string") {
81       shoulder = fbdo.stringData();
82     }
83   }
84   if (Firebase.RTDB.getString(fbdo, "/DataOtot/upperhand") {
85     if (fbdo.dataType() == "string") {
86       upperhand = fbdo.stringData();
87     }
88   }
89   if (Firebase.RTDB.getString(fbdo, "/RobotRehabilitasi/stopped") {
90     if (fbdo.dataType() == "string") {
91       stopped = fbdo.stringData();
92     }
93   }
94   if (Firebase.RTDB.getString(fbdo, "/RobotRehabilitasi/finished") {
95     if (fbdo.dataType() == "string") {
96       finished = fbdo.stringData();
97     }
98   }
99   Serial.println("#" + elbow + "," + shoulder + "," + upperhand + "," + stopped + "," + finished + "#");
100 }
101 }
```

Lampiran 6 Program MIT App Inventor

The screenshot displays the MIT App Inventor web interface for a project titled "RobotRehabilitas". The interface includes a "Blocks" palette on the left with categories like Control, Logic, Math, Text, Lists, Dictionaries, Colors, Variables, and Procedures. The main workspace shows two logic bricks: "when inputdata click" and "when quickstart click". Both bricks use a sequence of "call Firebase Database" blocks to store values from various input fields (Name, Age, Elbow, Shoulder, Upperhand, Blood Pressure 1, 2, 3) into a database. The "quickstart" brick also includes a "set Activity Starter" block to launch "Screen2" and an "open another screen" block to navigate to "Screen2". A "when Screen2 Back Pressed" block is also visible, containing a "do_close application" block.



Lampiran 7 Dokumentasi

