



TUGAS AKHIR (TM-184835)

PERANCANGAN ALAT REHABILITASI PERGELANGAN TANGAN PASIEN PASCA STROKE YANG DIGERAKKAN MOTOR SERVO

**LUKMAN YASSIR AMALI
NRP. 0211134000105**

**Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.**

**Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**



TUGAS AKHIR (TM-184835)

**PERANCANGAN ALAT REHABILITASI
PERGELANGAN TANGAN PASIEN PASCA STROKE
YANG DIGERAKKAN MOTOR SERVO**

LUKMAN YASSIR AMALI

NRP. 02111340000105

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.

Departemen Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2020



FINAL PROJECT (TM-184835)

**DESIGN OF POST STROKE WRIST REHABILITATION
EQUIPMENT WITH SERVO MOTOR ACTIVATION**

**LUKMAN YASSIR AMALI
NRP. 02111340000105**

Thesis Advisor

Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.

**Department Of Mechanical Engineering
Faculty Of Industrial Technology and Systems Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2020**

LEMBAR PENGESAHAN
PERANCANGAN ALAT REHABILITASI PERGELANGAN
TANGAN PASIEN PASCA STROKE YANG DIGERAKKAN
MOTOR SERVO

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Sarjana Teknik
Program studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Lukman Yassir Amali

NRP. 02111340000105

Disetujui oleh :

1. Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.Eng.....(Pembimbing)
NIP. 195811061986011001
2. Arif Wahjudi, ST, MSc. Eng, Ph.D.....(Penguji I)
NIP. 197303222001221001
3. M. Khoirul Effendi, ST, MSc. Eng, Ph.D.....(Penguji II)
NIP. 198204142010121001
4. Sampurno Ir, M. T.....(Penguji III)
NIP. 196504041989031002

SURABAYA
AGUSTUS, 2020

PERANCANGAN ALAT REHABILITASI PERGELANGAN TANGAN PASIEN PASCA *STROKE* YANG DIGERAKKAN MOTOR SERVO

Nama : Lukman Yassir Amali
NRP : 021113 40000 105
Departemen : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M.
Eng

Abstrak

Stroke merupakan kondisi yang terjadi ketika pasokan darah ke otak terganggu atau berkurang akibat penyumbatan (*stroke* iskemik) atau pecahnya pembuluh darah (*stroke* hemoragik). Seseorang yang mengidap penyakit *stroke* akan mengalami gangguan pada otak yang menyebabkan tidak bisa menjalani aktifitas seperti manusia normal. Pada umumnya, pasien *stroke* mengalami kelumpuhan pada beberapa bagian tubuh, seperti tangan, kaki, bahkan wajah. Dengan berkembangnya teknologi pada era ini, penyakit *stroke* bisa disembuhkan dengan berbagai metode dari para ahli kesehatan. Sembuh yang dimaksudkan adalah hasil dari penanganan untuk pembuluh darah yang tersumbat atau pecah. Namun, kelumpuhan yang dialami penderita tidak bisa langsung kembali seperti semula, membutuhkan beberapa terapi atau latihan untuk menstimulus otot pada tangan, kaki, ataupun wajah. Pada penelitian ini, difokuskan untuk terapi pada pergelangan tangan yang mempunyai sendi putar. Untuk pembuatan konsep alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan motor servo ini diperlukan beberapa kajian pada produk-produk yang sudah ada. Dari pengkajian produk eksisting, akan disusun daftar kebutuhan atau *List of Requirements* yang berguna untuk membuat konsep desain alat rehabilitasi ini. Diharapkan pada penelitian ini, diperoleh alat rehabilitasi pergelangan tangan otomatis yang bisa membantu pasien pasca *stroke* dalam menjalani proses rehabilitasi.

Kata Kunci : *Stroke*, rehabilitasi, pergelangan tangan, produk eksisting, *List of Requirements*

DESIGN OF POST STROKE WRIST REHABILITATION EQUIPMENT WITH SERVO MOTOR ACTIVATION

Name : Lukman Yassir Amali
NRP : 0211134000105
Department : Teknik Mesin
Academic Advisor : Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen Batan,
M.Eng.

Abstract

Stroke is a condition that occurs when the blood supply to the brain is interrupted or reduced due to a blockage (ischemic stroke) or rupture of a blood vessel (hemorrhagic stroke). A person who has a stroke will experience a brain disorder that causes inability to carry out activities like in a normal conditions. In general, stroke patients experience paralysis in several parts of the body, such as hands, feet, and even the face. With the development of technology in this era, stroke can be cured by various methods from health experts. The intended cure is the result of treatment for a blocked or broken blood vessel. However, the paralysis experienced by the patients cannot immediately return to normal, requiring some therapy or exercise to stimulate the muscles in the hands, feet or face. This study focused on therapy on wrists that have rotary joints. To conceptualize this servo motor-driven wrist rehabilitation device, several studies are needed on existing products. From the assessment of existing products, a List of Requirements will be compiled which is useful for drafting the design concept of this rehabilitation tool. It is hoped that in this study, an automatic wrist rehabilitation tool can be obtained that can help post-stroke patients undergoing the rehabilitation process.

Keywords : Stroke, rehabilitation, wrist, existing product, List of Requirements

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan terhadap kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Perancangan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan Pasien Pasca Stroke Yang Digerakkan Motor Servo”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan Pendidikan sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan anugerah, berkah, serta hidayahnya kepada penulis, sehingga disaat pandemi virus COVID-19 ini penulis masih bisa menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Siswadi dan Ibu Shofiah sebagai bapak dan ibu penulis yang selama ini sudah mengorbankan apapun untuk mengantarkan penulis sampai perguruan tinggi.
3. Ratih Citra Sari, S.Si. dan Renny Sari Dewi, S.Kom., M.Kom. selaku kakak penulis yang senantiasa mendoakan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Prof. Dr.Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. selaku dosen pembimbing penulis yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
5. Arif Wahjudi, ST, MT, PhD.; M. Khoirul Effendi, ST, MSc.Eng.; Dinny Harnany, ST,Msc. sebagai dosen penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
6. Dr. Wiwiek Hendrowati, S.T., M.T. selaku dosen wali yang dengan sangat sabar membimbing dan mendukung penulis dalam menyelesaikan studi kuliah.
7. Mas Dian Adi Nugraha, Mas Reza, Mbak Selly Harfenda Junisia, AMd, Bu Musriani, AMd, Pak Sarwono, Pak

Muljono, Mas Andik, dan seluruh karyawan Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang turut serta membantu dalam kelancaran penulis untuk menyelesaikan studi kuliah.

8. Nadia Malva Islami, S.Hub.Int yang dengan sabar yang ekstra dalam menghadapi penulis dan senantiasa terus menerus memberikan semangat serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan studi kuliah yang terbilang cukup lama ini.
9. Teman-teman M56, Lab Perancangan dan Pengembangan Produk : Bintang, Hanggara, Jamal, Nino, Mas Rado, Sulthoni Kurniawan, Syamsul, Rosa, Pak Faizin, Pak Khabib, Iqbal, beserta teman-teman lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.
10. Adam Arrahman selaku teman SMA yang sudah banyak membantu memberikan gambaran tentang Tugas Akhir dan berbagi ilmu untuk menuntaskan TEFL sebagai syarat yudisium.
11. Angga Kurniawan, S.Kom. selaku tetangga yang banyak membantu dalam pemrograman pada Tugas Akhir ini.
12. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah mendoakan penulis untuk menyelesaikan studi kuliah ini.

Tugas Akhir ini selesai melalui proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis. Meski demikian tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Penulis berharap semoga penulisan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Sidoarjo, 30 Juli 2020

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| Abstrak..... | iv |
| Abstract..... | v |
| KATA PENGANTAR..... | vi |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR..... | xii |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan..... | 4 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 4 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| BAB II..... | 7 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Pengertian Judul | 7 |
| 2.2 Rehabilitasi Tangan Pasien Pasca <i>Stroke</i> | 9 |
| 2.3 Penelitian Terdahulu..... | 14 |
| 2.3.1 Saeboflex..... | 14 |
| 2.3.2 Pictor | 15 |
| 2.4 Sistem Motorisasi..... | 17 |

| | |
|--|-----------|
| 2.5 Teori Kegagalan | 18 |
| 2.5.1 Teori Tegangan Geser Maksimum (Tresca) | 19 |
| 2.5.2 Teori Tegangan Normal Maksimum (Rankine) | 19 |
| 2.6 Analisa RULA | 20 |
| BAB III | 29 |
| METODOLOGI PENELITIAN | 29 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 29 |
| 3.2 Langkah-langkah Penelitian | 30 |
| 3.2.1 Tinjauan Pustaka | 31 |
| 3.2.2 Kajian Produk Eksisting | 31 |
| 3.2.3 Penyusunan Daftar Kebutuhan | 31 |
| 3.2.4 Pembuatan Konsep Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan | 32 |
| 3.2.5 Analisa RULA | 32 |
| 3.2.6 Pemilihan Material | 32 |
| 3.2.7 Analisa Kekuatan Material | 32 |
| 3.2.8 Perancangan Manufaktur Alat | 33 |
| 3.2.9 Kesimpulan dan Saran | 33 |
| BAB IV | 35 |
| PENGEMBANGAN ALAT REHABILITASI PERGELANGAN TANGAN PASCA <i>STROKE</i> | 35 |
| 4.1 Kajian Produk <i>Existing</i> | 35 |
| 4.2 Daftar Kebutuhan (<i>List of Requirements</i>) | 38 |
| 4.3 Pembuatan Konsep Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan yang digerakkan Motor Servo | 40 |

| | | |
|---|--|-----------|
| 4.4 | Komponen Utama Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan | 43 |
| 4.4.1 | <i>Body Frame</i> | 43 |
| 4.4.2 | Motor Servo beserta Arduino | 58 |
| 4.5 | Analisa RULA Rancangan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan | 64 |
| BAB V | | 67 |
| PERANCANGAN MANUFAKTUR ALAT REHABILITASI PERGELANGAN TANGAN YANG DIGERAKKAN MOTOR SERVO..... | | |
| 5.1 | Perancangan Manufaktur Komponen Utama Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan | 67 |
| 5.2 | Rancangan Perakitan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan..... | 77 |
| 5.3 | Rancangan Arduino dan Motor Servo Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan | 78 |
| BAB VI | | 85 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | | |
| 6.1 | Kesimpulan..... | 85 |
| 6.2 | Saran..... | 86 |
| Daftar Pustaka..... | | 87 |
| Lampiran 1..... | | 89 |
| BIOGRAFI PENULIS | | 91 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Equations for Estimating Segment Mass (in kg) from Total Body Weight W (kg)..... | 13 |
| Tabel 2. 2 Tegangan tarik dan tekan pada berbagai material | 20 |
| Tabel 2. 3 Tahapan aplikasi metode RULA [McAtamney, 1993] | 21 |
| Tabel 2. 4 Tabel RULA bagian A..... | 24 |
| Tabel 2. 5 Tabel RULA bagian B..... | 26 |
| Tabel 2. 6 Tabel RULA bagian C..... | 27 |
| Tabel 2. 7 Nilai tingkat risiko cedera..... | 28 |
| | |
| Tabel 4. 1 List of Requirements | 39 |
| Tabel 4. 2 Komponen Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan.... | 42 |
| Tabel 4. 3 Karakteristik Al 6061 [Smith F. Wiliam, 1994] | 48 |
| | |
| Tabel 5. 1 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Base Frame..... | 69 |
| Tabel 5. 2 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Forearm Plate..... | 70 |
| Tabel 5. 3 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Hand Plate-A..... | 71 |
| Tabel 5. 4 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Hand Plate-B..... | 73 |
| Tabel 5. 5 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Hand Plate-C..... | 74 |
| Tabel 5. 6 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Pengunci | 76 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1. 1 SAEBO-Flex | 2 |
| Gambar 1. 2 Wrist Join Rehabilitation Device Pictor..... | 3 |
| Gambar 2. 1 Latihan Fleksi / Ekstensi | 10 |
| Gambar 2. 2 Latihan Abduksi / Adduksi | 11 |
| Gambar 2. 3 Latihan Fleksi / Ekstensi Siku..... | 11 |
| Gambar 2. 4 Gerakan Supinasi dan Pronasi..... | 12 |
| Gambar 2. 5 Latihan Jari Fleksi / Ekstensi | 13 |
| Gambar 2. 6 Saeboflex..... | 15 |
| Gambar 2. 7 Wrist Rehabilitation Device Pictor | 16 |
| Gambar 2. 8 Arduino | 17 |
| Gambar 2. 9 Motor Servo | 18 |
| Gambar 2. 10 Penentuan nilai RULA untuk grup A..... | 23 |
| Gambar 2. 11 Skoring untuk RULA | 28 |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian | 30 |
| Gambar 4. 1 Wrist Rehabilitation Device Pictor | 35 |
| Gambar 4. 2 Pictor..... | 36 |
| Gambar 4. 3 Gerakan Supinasi dan Pronasi..... | 37 |
| Gambar 4. 4 Gerakan fleksi ekstensi dan abduksi adduksi..... | 37 |
| Gambar 4. 5 Konsep alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan motor servo..... | 41 |
| Gambar 4. 6 Komponen Rancangan Baru Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan | 42 |
| Gambar 4. 7 Free Body Diagram Body Frame (tampak samping) | 44 |
| Gambar 4. 8 Free Body Diagram Body Frame (tampak isometri) | 45 |
| Gambar 4. 9 Analisa Tegangan pada software Autodesk Inventor Professional 2020 | 47 |

| | | |
|---------------------|--|----|
| Gambar 4. 10 | Dimensi Base Frame tampak atas | 49 |
| Gambar 4. 11 | Dimensi Base Frame tampak depan | 49 |
| Gambar 4. 12 | Free body diagram Base Frame | 50 |
| Gambar 4. 13 | Dimensi Forearm Plate (tampak depan)..... | 51 |
| Gambar 4. 14 | Dimensi Forearm Plate (tampak samping)..... | 51 |
| Gambar 4. 15 | Free Body Diagram Forearm Plate | 52 |
| Gambar 4. 16 | Dimensi Hand Plate-A (tampak atas)..... | 53 |
| Gambar 4. 17 | Dimensi Hand Plate-A (tampak samping) | 53 |
| Gambar 4. 18 | Free Body Diagram Hand Plate-A | 54 |
| Gambar 4. 19 | Dimensi Hand Plate-B | 55 |
| Gambar 4. 20 | Free Body Diagram Hand Plate-B | 56 |
| Gambar 4. 21 | Dimensi Hand Plate-C | 57 |
| Gambar 4. 22 | Free Body Diagram Hand Plate-C | 57 |
| Gambar 4. 23 | Motor Servo 1501 MG..... | 59 |
| Gambar 4. 24 | Spesifikasi Motor Servo 1501 MG | 60 |
| Gambar 4. 25 | Arduino UNO R3 | 60 |
| Gambar 4. 26 | Spesifikasi Arduino UNO R3 | 61 |
| Gambar 4. 27 | Pengunci alat ke meja | 63 |
| Gambar 4. 28 | Alat rehabilitasi dikunci dibagian kanan meja.... | 63 |
| Gambar 4. 29 | Alat rehabilitasi dikunci dibagian kiri meja | 64 |
| Gambar 4. 30 | Analisa RULA pada posisi tangan pronasi | 65 |
| Gambar 4. 31 | Analisa RULA pada posisi tangan tegak | 65 |
| | | |
| Gambar 5. 1 | Sub Komponen Body Frame..... | 67 |
| Gambar 5. 2 | Sub Komponen Body Frame..... | 68 |
| Gambar 5. 3 | Sub Komponen Forearm Plate | 70 |
| Gambar 5. 4 | Sub Komponen Hand Plate-A..... | 71 |
| Gambar 5. 5 | Sub Komponen Hand Plate-B | 72 |
| Gambar 5. 6 | Sub Komponen Hand Plate-C | 74 |
| Gambar 5. 7 | Sub Komponen Pengunci..... | 75 |
| Gambar 5. 8 | Diagram Perakitan Body Frame.. Error! Bookmark not defined. | |
| Gambar 5. 9 | Spesifikasi Arduino UNO R3 | 79 |
| Gambar 5. 10 | Adaptor 12 Volt | 79 |
| Gambar 5. 11 | Servo 1501 MG..... | 80 |

| | |
|---|----|
| Gambar 5. 12 Spesifikasi Motor Servo 1501 MG | 80 |
| Gambar 5. 13 Breadboard mini..... | 80 |
| Gambar 5. 14 Kabel Jumper | 81 |
| Gambar 5. 15 Rangkaian Arduino dan Motor Servo | 82 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stroke adalah kondisi yang terjadi ketika pasokan darah ke otak terganggu atau 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 sebagian area otak akan mati. [dr. Willy, 2018]

Sejauh ini, masyarakat Indonesia memiliki faktor risiko *stroke* yang tinggi. Berdasarkan data yang diterbitkan oleh Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas), pada tahun 2018, sekitar 87,9% penduduk usia ≥ 3 tahun, sering mengonsumsi makanan manis. Sekitar 91,5% penduduk usia ≥ 3 tahun sering mengonsumsi minuman manis. Sekitar 72,7% penduduk usia ≥ 3 tahun sering mengonsumsi makanan asin. Sekitar 86,7% penduduk usia ≥ 3 tahun sering mengonsumsi makanan berlemak/berkolesterol. Sekitar 27,9% penduduk usia ≥ 3 tahun sering mengonsumsi makanan daging/ayam/ikan olahan dengan pengawet. Sekitar 33,5% penduduk usia ≥ 10 tahun kurang melakukan aktivitas fisik. Sekitar 95,4% penduduk usia ≥ 5 tahun kurang mengonsumsi buah/sayuran. Parameter yang digunakan dalam kategori sering konsumsi yakni lebih dari 1 kali per hari atau 1-6 kali per minggu. Salah satu akibat dari kurang sehatnya pola hidup masyarakat tersebut mengakibatkan angka pasien *stroke* semakin tinggi. Menurut Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan, tahun 2016 penanganan penyakit *stroke* menghabiskan biaya pelayanan kesehatan sebesar 1,43 Triliun rupiah. Lalu pada tahun 2017 meningkat menjadi 2,18 Triliun rupiah. Dan pada tahun 2018 mencapai 2,56 Triliun rupiah untuk biaya layanan penanganan *stroke*. [Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019]

Data yang tercatat mengalami peningkatan setiap tahun, sehingga Kementerian Kesehatan melakukan beberapa upaya dalam pencegahan dan pengendalian penyakit *Stroke*, yaitu upaya promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif. Dalam upaya

promotif, Kementerian Kesehatan melakukan sosialisasi akan perilaku CERDIK. C = Cek kesehatan secara berkala, E = Enyahkan asap rokok, R = Rajin beraktivitas fisik, D = Diet sehat dengan kalori seimbang, I = Istirahat cukup, dan K = Kelola stress. Upaya preventif yang dilakukan adalah dengan mendorong masyarakat untuk meningkatkan kewaspadaan diri melalui pengukuran tekanan darah dan pemeriksaan kolestrol secara rutin atau minimal 1 kali dalam setahun. Lalu, upaya kuratif yang dilakukan adalah dengan penguatan pelayanan kesehatan. Dan upaya rehabilitatif yaitu dengan memberikan anjuran pada masyarakat untuk melakukan terapi supaya mencegah disabilitas atau serangan ulang. [Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2019]

Upaya rehabilitatif dilakukan setelah pasien pasca *stroke* menjalani proses pemulihan yang biasanya dilakukan dengan fisioterapi. Fisioterapi merupakan proses rehabilitasi seseorang agar terhindar dari cacat fisik melalui serangkaian pencegahan, diagnosis, serta penanganan untuk menangani gangguan fisik pada tubuh akibat cedera atau penyakit. Fisioterapi bisa dilakukan pada pasien dari semua rentang usia, misalnya untuk mengobati sakit punggung, sakit leher, sakit pergelangan tangan, hingga persiapan persalinan. [dr. Adrian, 2018]



Gambar 1. 1 SAEBO-Flex
[Saebo, 2020]

Pada upaya rehabilitatif, khususnya pada terapi bagian tangan, sudah diciptakan alat yang bernama SAEBO-Flex yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Alat ini terbuat dari material *stainless steel*, PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol), dan *steel* yang lebih berfokus pada terapi untuk kekuatan cengkraman tangan. SAEBO-Flex dibanderol dengan harga \$599 yang setara dengan 8,8 juta rupiah pada kurs bulan mei tahun 2020. [Saebø, 2020]



Gambar 1. 2 *Wrist Join Rehabilitation Device Pictor*
[Pictor, 2020]

Terdapat pula alat rehabilitasi lain untuk terapi tangan yang disebut dengan Pictor yang ditunjukkan pada Gambar 1.2. Alat ini berfokus pada rehabilitasi pergelangan tangan. Pictor dibanderol dengan harga €1,129.05 atau setara dengan kurang lebih 18,5 juta rupiah. Pictor memiliki 3 gerakan independen pada sumbu anatomi sendi untuk terapi pergelangan tangan, antara lain fleksi dan ekstensi, abduksi dan adduksi, serta pronasi dan supinasi [meden, 2019]. Dengan gerakan-gerakan ini, maka menggunakan Pictor dengan bantuan terapis untuk merehabilitasi pergelangan tangan akan lebih maksimal.

Merespon kedua alat rehabilitasi di atas, penulis dalam penelitian ini akan melakukan pengembangan dari produk *Wrist Rehabilitation Device Pictor* dengan diberikan motor servo,

sehingga pasien pasca *stroke* tidak perlu memerlukan tenaga yang besar untuk melakukan terapi.

1.2 Rumusan Masalah

Pada perancangan dan pengembangan produk ini, ada beberapa rumusan masalah yang akan dibahas, yaitu sebagai berikut :

- a) Bagaimana merancang alat rehabilitasi pergelangan tangan pasca *stroke* yang digerakkan dengan motor servo ?
- b) Bagaimana program yang digunakan untuk menggerakkan motor servo ?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam perancangan dan pengembangan *Wrist Rehabilitation Device* Pictor yang digerakkan dengan motor servo adalah sebagai berikut :

- a) Merancang *prototype* alat rehabilitasi pergelangan tangan pasien pasca *stroke* yang digerakkan motor servo.
- b) Membuat program instrumentasi untuk menggerakkan motor servo dengan bantuan software Arduino IDE.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan dan pengembangan *Wrist Rehabilitation Device* Pictor yang digerakkan dengan motor servo adalah sebagai berikut :

- a) Perancangan produk ini difokuskan pada perancangan *Wrist Rehabilitation Device* Pictor yang digerakkan dengan motor servo.
- b) Terdapat bahasa pemrograman yang sederhana untuk mekanisme produk *Wrist Rehabilitation Device* Pictor yang digerakkan dengan motor servo.

- c) Analisa kekuatan material dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional dan Analisa RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) dilakukan dengan menggunakan *software* CATIA.

1.5 Manfaat Penelitian

Terdapat beberapa manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a) Sebagai penambah wawasan pengetahuan terkait perancangan alat bantu rehabilitasi
- b) Menghasilkan alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan dengan motor servo untuk pasien pasca *stroke*.

("Halaman ini sengaja dikosongkan")

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Judul

Pengertian “Rancang Bangun Alat Rehabilitasi Tangan pada Pasien Pasca *Stroke* yang Digerakkan dengan Motor Servo” jika ditinjau dari asal kata, terdiri dari rangkaian kata yaitu:

- Rancang Bangun

Perancangan merupakan suatu hal yang sangat penting dalam merealisasikan suatu produk. Adapun tujuan dari perancangan ialah untuk memberi gambaran yang jelas dan lengkap kepada teknisi. Perancangan harus berguna dan mudah dipahami sehingga mudah untuk merealisasikannya.

Menurut Pressman (2009) pengertian pembangunan atau bangun sistem adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada secara keseluruhan.

Jadi dapat disimpulkan bahwa rancang bangun adalah penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah dalam suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi.

- Alat

Alat atau perkakas merupakan suatu benda yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk memudahkan suatu kegiatan. Contohnya seperti sendok dan garpu merupakan alat yang memudahkan seseorang untuk makan.

- Rehabilitasi tangan

Rehabilitasi menurut WHO (*World Health Organization*) (<https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/rehabilitation>, 2019) merupakan seperangkat intervensi yang diperlukan ketika seseorang mengalami atau kemungkinan akan mengalami keterbatasan dalam fungsi sehari-hari karena penuaan atau kondisi kesehatan, termasuk penyakit atau gangguan kronis, cedera atau trauma. Dalam penelitian ini, penulis bermaksud untuk membahas rehabilitasi tangan pada pasien pasca *stroke*.

- Pasien pasca *stroke*

Pasien atau bisa disebut dengan orang yang sakit merupakan seseorang yang membutuhkan bantuan medis atau terapis. Dalam hal ini lebih difokuskan pada pasien yang akan menjalani proses rehabilitasi.

Pasca *stroke* sendiri memiliki arti penyakit aktif dan berkelanjutan. Cedera otak yang terjadi secara tiba-tiba dan menurunkan kemampuan neurologis memang sangat mengejutkan.

Jadi dapat disimpulkan bahwa pasien pasca *stroke* adalah seorang pasien yang baru saja menyelesaikan perawatan di rumah sakit namun masih membutuhkan perawatan lebih lanjut untuk menjalani proses pemulihan.

- Yang Digerakkan Motor Servo

Istilah “yang digerakkan motor servo” mengacu pada perubahan (penggantian) kondisi suatu obyek dari yang pengoperasiannya manual menjadi otomatis dengan bantuan mekanisme motor servo.

2.2 Rehabilitasi Tangan Pasien Pasca *Stroke*

Menurut Smeltzer & Bare (2008), dalam Cahyati (2011), rehabilitasi adalah suatu proses dinamis yang berorientasi pada kesehatan yang membantu individu yang sakit atau cacat untuk mencapai tingkat fungsi fisik, mental, spiritual, sosial, dan ekonomi yang setinggi mungkin. Fase rehabilitasi dapat dimulai sesegera mungkin pada pasien yang mengalami *stroke*, namun proses ini ditekankan selama fase konvalesen dan memerlukan upaya tim koordinasi. Sasaran utama program rehabilitasi adalah perbaikan mobilitas dan proses pikir, menghindari nyeri bahu, pencapaian perawatan diri dan beberapa bentuk komunikasi, mendapatkan kontrol kandung kemih, pemeliharaan integritas kulit, perbaikan fungsi keluarga dan tidak adanya komplikasi. Salah satu program rehabilitasi yang dilakukan untuk memperbaiki mobilitas pasien pasca *stroke* adalah latihan. Terapi latihan berupa latihan *range of motion* (ROM) merupakan salah satu bentuk latihan yang efektif sebagai program rehabilitasi pasien pasca *stroke*. Latihan ini dapat dilakukan 4 sampai 5 kali dalam sehari.

Latihan *Range of Motion* (ROM) merupakan kegiatan latihan yang bertujuan untuk memelihara fleksibilitas dan mobilitas sendi (Tseng, et al, 2007; dalam Cahyati, 2011). Latihan gerak sendi aktif adalah pasien menggunakan ototnya untuk melakukan Gerakan dan intinya tidak ada ketidaknyamanan. Menggambarkan Gerakan sistematis dengan rangkaian urutan selama atau setiap tahap. Menampilkan setiap latihan 3x dan rangkaian latihan 2x sehari.

Latihan gerak sendi pasif adalah perawat menggerakkan anggota gerak dan memerintahkan keikutsertaan klien agar terjadi gerakan penuh (Purwanti & Maliya, 2008). Latihan gerak sendi pada anggota gerak atas menurut Hoeman (1996), dalam Purwanti dan Maliya (2008), adalah :

- Fleksi / Ekstensi

Dukung lengan dengan pergelangan tangan dan siku, angkat lengan lurus melewati kepala pasien, istirahatkan lengan terlentang diatas kepala di tempat tidur. Gerakan fleksi dan ekstensi ditunjukkan pada Gambar 2.1.

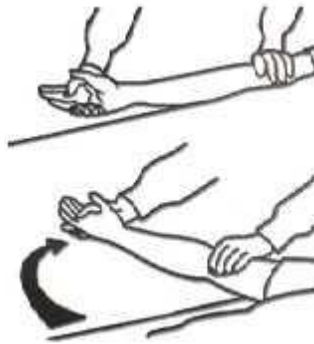


Gambar 2. 1 Latihan Fleksi / Ekstensi

[Lahudin, 2017]

- Abduksi / Adduksi

Dukung lengan di pergelangan dengan telapak tangan dan siku dari tubuhnya pasien, geser lengan menjauh menyamping dari badan, biarkan lengan berputar dan berbalik sehingga mencapai sudut 90° dari bahu. Gerakan abduksi dan adduksi dapat ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Latihan Abduksi / Adduksi

[Lahudin, 2017]

- Siku Fleksi / Ekstensi

Dukung siku dan pergelangan tangan, tekuk lengan pasien sehingga lengan menyentuh ke bahu, luruskan lengan ke depan. Gerakan ini dapat ditunjukkan pada Gambar 2.3.

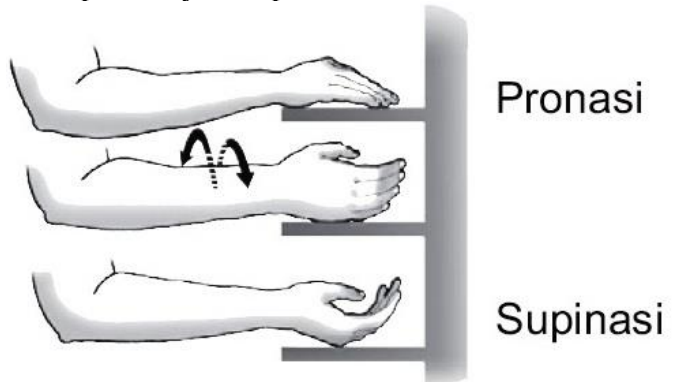


Gambar 2. 3 Latihan Fleksi / Ekstensi Siku

[Lahudin, 2017]

- **Supinasi dan Pronasi**

Supinasi merupakan gerakan menengadahkan tangan. Sedangkan Pronasi adalah gerakan menelungkupkan tangan. Istilah supinasi dan pronasi hanya digunakan untuk wilayah pergelangan tangan. Gerakan ini dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Gerakan Supinasi dan Pronasi

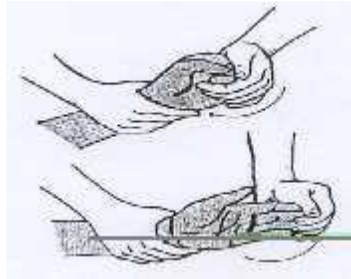
[Google Image, 2020]

- **Pergelangan Tangan**

Dukung pergelangan tangan dan tangan pasien dan jari-jari dengan jari yang lain, tekuk pergelangan tangan ke depan dan menggenggam, tekuk pergelangan tangan ke belakang dan tegakkan jari-jari, gerakkan pergelangan tangan ke lateral [Lahudin, 2017].

- **Jari Fleksi / Ekstensi**

Dukung tangan pasien dengan memegang telapak tangan, tekuk semua jari sekali, luruskan semua jari sekali. Dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Latihan Jari Fleksi / Ekstensi

[Lahudin, 2017]

Menurut Kroemer-Elbert pada buku “*Ergonomics, How To Design For Ease And Efficiency*”, terdapat tabel yang menjelaskan massa dari bagian-bagian tubuh mulai dari kepala hingga kaki. Pada penelitian kali ini, berfokus pada berat tangan dan lengan yang akan menjadi beban utama pada alat rehabilitasi ini. Tabel 2.1 merupakan tabel *equations for estimating segment mass from total body weight* (kg).

Tabel 2. 1 *Equations for Estimating Segment Mass (in kg) from Total Body Weight W (kg)*

| <i>Segment</i> | <i>Empirical Equation</i> | <i>Standard Error of Estimate</i> |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Head | $0,0306 W + 2,46$ | 0,43 |
| Head and neck | $0,0534 W + 2,33$ | 0,60 |
| Neck | $0,0146 W + 0,60$ | 0,21 |
| Head, neck, and torso | $0,5940 W - 2,20$ | 2,01 |
| Neck and torso | $0,5582 W - 4,26$ | 1,72 |
| Total arm | $0,0505 W + 0,01$ | 0,35 |
| Upper arm | $0,0274 W - 0,01$ | 0,19 |
| Forearm and head | $0,0233 W - 0,01$ | 0,20 |

| | | |
|----------------|-------------------|------|
| Forearm | $0,0189 W - 0,16$ | 0,15 |
| Hand | $0,0055 W + 0,07$ | 0,07 |
| Total leg | $0,1582 W + 0,05$ | 1,02 |
| Thigh | $0,1159 W - 1,02$ | 0,71 |
| Shank and foot | $0,0452 W + 0,82$ | 0,41 |
| Shank | $0,0375 W + 0,38$ | 0,33 |
| Foot | $0,0069 W + 0,47$ | 0,11 |

2.3 Penelitian Terdahulu

2.3.1 Saeboflex

Pada tahun 2018, diciptakan produk yang bernama Saeboflex. Saeboflex merupakan alat yang dibuat khusus berupa alat bantu pergelangan tangan yang dinamis. Jari dan ibu jari masuk dalam gerakan fleksi, lalu kabel masuk dalam gerak ekstensi. Alat bantu ini terbilang fleksibel, yaitu mendukung tangan dalam posisi fungsional (normal) sambil memungkinkan pasien menggunakan tangannya dalam kegiatan sehari-hari.

Saeboflex memiliki beberapa benefit, diantaranya alat ini dirancang untuk mendukung pegelangan tangan, ibu jari atau jari yang secara neurologis rusak ke posisi yang fungsional. Lalu alat ini juga membantu untuk mencegah dan membenarkan kontraksi pada pergelangan tangan, tangan, dan ibu jari. Alat ini dapat mempertahankan dan meningkatkan rentang gerak pada tangan, ibu jari, jari, hingga bahu. Saeboflex dapat meningkatkan kekuatan pada lengan, ibu jari, hingga bahu. Serta alat ini dapat membantu dengan menunjukkan pemahaman fungsional dan melepaskan aktifitas pada tangan atau lengan yang diterapi.

Saat menggunakan Saeboflex, pasien harus secara bertahap meningkatkan waktu pemakaian (hal ini harus dipantau oleh terapis atau ahli kesehatan yang berlisensi). Ini harus dilakukan pada saat jam aktifitas. Dan tidak direkomendasikan menggunakan alat ini saat tidur [*product manual saeboflex*, 2018].



Gambar 2. 6 Saeboflex
[Saebo, 2020]

Pada Gambar 2.6, terdapat mekanisme pegas yang menghubungkan kelima jari untuk melatih kekuatan cengkraman. Dengan bantuan terapis dan Saeboflex, pasien akan berlatih dengan menyengkeram bola yang terbuat dari spons. Latihan tersebut dilakukan secara rutin dengan beberapa repetisi.

2.3.2 Pictor

Pictor memungkinkan penggunaanya untuk mencapai rehabilitasi yang maksimal pada pergelangan tangan berdasarkan pada latihan aktif dan mandiri dimana diperlukan untuk membangun kembali fungsi dari pergerakan anatomi pada tangan.

Pictor memungkinkan latihan mandiri, aktif, dan ketahanan untuk area pergelangan tangan. Dan dilengkapi dengan gerakan rotasi otomatis pada lengan bawah. Selagi melakukan latihan, pasien mendefinisikan ambang batas rasa sakit dan alat ini sudah diatur sedemikian rupa, memastikan keamanan dan kenyamanan saat latihan.

Pictor juga disarankan untuk merehabilitasi berbagai jenis cedera pada pergelangan tangan, Bersama dengan gangguan neurologis atau otot distrofi. Otot distrofi merupakan salah satu bentuk kelainan otot yang pada umumnya disebabkan oleh kelainan genetik yang diturunkan dari orang tua kepada anak, meskipun ayah atau ibu tidak mengalami gejala apapun.



Gambar 2. 7 *Wrist Rehabilitation Device Pictor*
[Pictor, 2020]

Gambar 2.7 merupakan alat rehabilitasi pergelangan Pictor yang memiliki panjang 360 mm, lebar 620 mm, dan tinggi 240 mm. Alat ini memiliki berat 17 kg. *Range of Motion* pada *Wrist Rehabilitation Device Pictor* meliputi *wrist flexion and extension 90°*, *adduction of the wrist joint in the sagittal plane 70°*, *abduction of the wrist joint in the sagittal plane 90°*, dan *rotation of the forearm 90°*. [Pictor, 2020]

Mekanisme dari penggunaan *Wrist Rehabilitation Device Pictor* ialah dengan meletakkan tangan pada tempat yang disediakan. Tangan pasien menggenggam ke handgrip yang juga terdapat perekat. Lalu ikat yang kuat tangan pasien dengan perekat yang sudah disediakan. Terdapat dua pengunci pada Pictor, pengunci depan dan samping. Jika pengunci samping dirapatkan

dan pengunci depan dilonggarkan, maka tangan pasien akan bergerak supinasi dan pronasi. Lalu apabila pengunci depan yang dirapatkan dan pengunci samping dilonggarkan, maka tangan pasien akan melakukan gerakan fleksi dan ekstensi.

2.4 Sistem Motorisasi

Sistem motorisasi yang dimaksudkan pada subbab ini adalah sistem yang terdapat pada alat rehabilitasi dengan penggerak motor dan bantuan program sehingga dapat melahirkan alat rehabilitasi yang otomatis. Alat rehabilitasi otomatis akan ditujukan bagi pasien pasca *stroke* yang baru saja selesai dirawat dirumah sakit dan akan melanjutkan perawatan mandiri dirumah.

Untuk mendukung sistem motorisasi pada alat rehabilitasi ini, maka dibutuhkan beberapa peralatan sebagai berikut :

- Arduino

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *opensource* berdasarkan perangkat keras dan lunak yang mudah digunakan. Papan Arduino dapat membaca input seperti cahaya pada sensor, jari pada tombol yang kemudian mengubahnya menjadi output seperti menyalakan LED (*Light-Emitting Diode*), mengaktifkan motor, dan lain sebagainya secara *real time*. [Arduino.cc, 2020]



Gambar 2. 8 Arduino
[Google Image, 2020]

- **Motor Servo**

Motor servo merupakan sebuah perangkat atau aktuator putar (motor) yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di set-up atau diatur untuk menentukan dan memastikan posisi sudut dari poros output motor. Motor servo adalah sebuah perangkat yang terdiri dari motor DC, serangkaian gear, rangkaian kontrol dan potensiometer. Serangkaian gear yang melekat pada poros motor DC akan memperlambat putaran poros dan meningkatkan torsi motor servo, sedangkan potensiometer dengan perubahan resistansinya saat motor berputar berfungsi sebagai penentu batas posisi putaran poros motor servo [Dermanto, 2014].



Gambar 2. 9 Motor Servo
[Dermanto, 2014]

2.5 Teori Kegagalan

Gagal didefinisikan sebagai ketidakmampuan suatu elemen/komponen untuk mencapai fungsinya ketika diberikan suatu pembebanan tertentu. Kegagalan dalam elemen mesin dapat terjadi dengan bentuk retak, patah, korosi, aus, dan kondisi kegagalan lain.

2.5.1 Teori Tegangan Geser Maksimum (Tresca)

Teori kegagalan Tresca menyatakan bahwa suatu material yang dibebani tegangan biaxial atau triaxial dapat dinyatakan gagal ketika tegangan geser maksimum yang terjadi mencapai batas tegangan luluh dari material tersebut. [*Machine Design*, 1975]

$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{ys}}{N} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan keterangan : τ_{\max} = Tegangan geser maksimum desain

τ_{ys} = Tegangan geser *yield* desain

N = Faktor keamanan

2.5.2 Teori Tegangan Normal Maksimum (Rankine)

Engineer asal Inggris W. J. M. Rankine (1857) menyatakan kegagalan suatu material terjadi apabila tegangan normal maksimum mencapai suatu harga tegangan luluh atau tegangan patahnya tanpa memperhatikan tegangan utama (*principal stress*). Sesuai dengan teori ini, jika luluh dianggap gagal dan material mempunyai tegangan *yield* Tarik S_{yt} dan tegangan *yield* tekan S_{yc} serta faktor keamanan adalah N maka akan terjadi kegagalan bila :

$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{yt}}{N} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\sigma_c \text{ maksimum} \leq \frac{S_{yc}}{N} \dots \dots \dots (2.3)$$

Bila gagal dinyatakan pada saat patah maka :

$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{ut}}{N} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\sigma_c \text{ maksimum} \leq \frac{S_{uc}}{N} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan keterangan : σ_t = Tegangan tarik maksimum desain
 σ_c = Tegangan tekan maksimum desain
 S_{ut} = Tegangan tarik maksimum material
 S_{uc} = Tegangan tekan maksimum material
N = Faktor keamanan

Dalam pemilihan jenis material yang akan dipakai untuk pembuatan alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan dengan motor servo, terdapat beberapa jenis material yang dapat digunakan dan dipilih seperti pada Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2. 2 Tegangan tarik dan tekan pada berbagai material

| Material | | Ultimate Strength, Mpa | | Yield Strength, Mpa | |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------|-------|---------------------|-------|
| | | Tensile | Shear | Tensile | Shear |
| Aluminium alloy (extruded) | 2014-T6 | 414 | 241 | 365 | 214 |
| | 6061-T6 | 262 | 207 | 241 | 135 |
| Cast iron | Gray | 210 | - | - | - |
| | Malleable | 370 | 330 | 250 | 165 |
| Magnesium alloy, AM100A | | 275 | 145 | 150 | |
| Steel | 0,2 % Carbon (hot roller) | 450 | 330 | 250 | 165 |
| | 0,6 % Carbon (hot roller) | 690 | 550 | 415 | 310 |
| | 0,2 % Carbon (quenched) | 825 | 690 | 515 | 310 |
| | 3,5% Ni, 0,4% C | 1380 | 1035 | 1035 | 620 |

2.6 Analisa RULA

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan suatu metode untuk menilai postur tubuh dan otot seseorang ketika melakukan suatu aktivitas. RULA mengukur tingkat kemungkinan

cedera seseorang (*degree of injury risk*) dari kegiatan yang sedang dilakukan. Untuk melakukan metode RULA dibutuhkan tiga Langkah penilaian postur tubuh, seperti terlihat pada Tabel 2.3 berikut :

Tabel 2. 3 Tahapan aplikasi metode RULA [McAtamney, 1993]

| LANGKAH | URAIAN |
|---------|---------------------------------------|
| 1 | Penelitian postur kerja tubuh |
| 2 | Penilaian kelompok postur kerja tubuh |
| 3 | Penjumlahan nilai total |

Tubuh dibagi dalam segmen-segmen untuk menghasilkan sebuah metode kerja yang cepat. Segmen-segmen yang digunakan adalah dengan membentuk dua kelompok atau grup yaitu grup A dan B. Grup A meliputi bagian lengan atas dan bawah, serta pergelangan tangan. Sementara grup B meliputi leher, punggung, dan kaki. Hal ini untuk memastikan bahwa seluruh postur tubuh terekam, sehingga segala kejanggalan atau Batasan postur oleh kaki, punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi postur anggota tubuh bagian atas dapat tercakup dalam penilaian. [McAtamney, 1993]

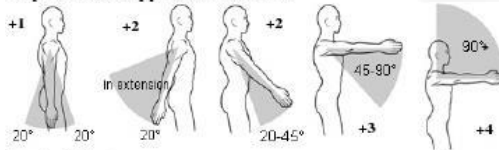
- Grup A. Lengan Bagian Atas, Lengan Bagian Bawah, dan Pergelangan Tangan

Setiap gerakan dari masing-masing bagian tubuh, akan diberi nilai-nilai risiko cedera tergantung dari gerakan dan posisi bagian tubuh. Karena pada grup A bagian tubuh terbagi menjadi 2 bagian, yaitu bagian kiri dan kanan, maka kedua bagian tubuh tersebut dievaluasi tingkat risiko cederanya. Bisa saja terjadi, kedua bagian tubuh tersebut memiliki nilai risiko cedera tubuh yang sama atau berbeda. Artinya, ada kemungkinan nilai risiko cedera tubuh pada bagian kiri dan kanan berbeda. Hal ini

disebabkan karena sikap atau jenis gerakan kedua bagian tubuh tersebut berbeda. Jika kedua bagian tubuh tersebut memiliki nilai yang berbeda, maka pada asesmen diambil nilai yang tertinggi. Gambar 2.10 menjelaskan tentang Analisa RULA pada grup A.

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:



Step 1a: Adjust...

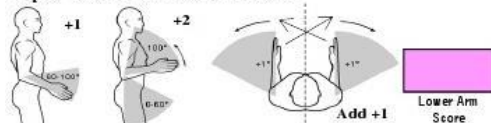
If shoulder is raised: +1

If upper arm is abducted: +1

If arm is supported or person is leaning: -1



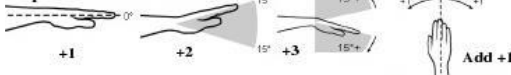
Step 2: Locate Lower Arm Position:



Step 2a: Adjust...

If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:



Step 3a: Adjust...

If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1

If wrist is at or near end of range: +2



Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

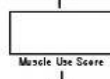
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A



Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes),

Or if action repeated occurs 4X per minute: +1



Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0

If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1

If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2

If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3



Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C:



Gambar 2. 10 Penentuan nilai RULA untuk grup A

[McAtamney, 1993]

Tabel 2. 4 Tabel RULA bagian A

SCORES

| Table A: Wrist Posture Score | | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | |
|------------------------------|-----------|-------------|---|-------------|---|-------------|---|-------------|---|
| Upper Arm | Lower Arm | Wrist Twist | | Wrist Twist | | Wrist Twist | | Wrist Twist | |
| | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

[McAtamney, 1993]

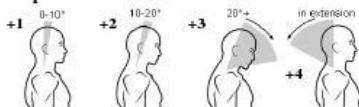
Jangkauan untuk gerakan lengan atas (*upper arm*) nilainya adalah :

1. 1 untuk ekstensi 20° dan fleksi 20°
 2. 2 untuk ekstensi lebih dari 20° atau fleksi antara $20-45^\circ$
 3. 3 untuk fleksi antara $45-90^\circ$
 4. 4 untuk fleksi lebih dari 90°
- Grup B. Bagian Leher, Punggung, dan Kaki

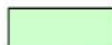
Tabel 2. 5 Tabel RULA bagian B

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

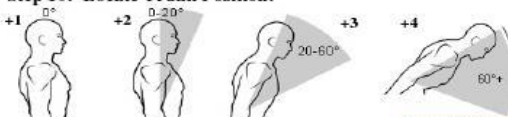


Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1



Neck Score

Step 10: Locate Trunk Position:



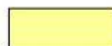
Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1



Trunk Score

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2



Leg Score

| Neck | Table B: Trunk Posture Score | | | | | | | | | | | | |
|-------|------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|
| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | 5 | | 6 | | |
| | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | Legs | |
| Score | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | |
| 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 |
| 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:

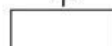
Using values from steps 9-11 above,
locate score in Table B



Posture Score B

Step 13: Add Muscle Use Score

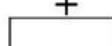
If posture mainly static (i.e. held > 10 minutes).
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1



Muscle Use Score

Step 14: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3



Force/Load Score

Step 15: Find Column in Table C

Add values from steps 12-14 to obtain
Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.



Neck, Trunk & Leg Score

[McAtamney, 1993]

Sebagai tambahan untuk Tabel 2.5, jika leher (*neck*) dipuntir, maka nilai bertambah 1. Jika leher bergerak menyamping, maka nilai ditambah 1. Nilai yang didapatkan akan dimasukkan pada tabel B pada kolom leher.

Dari hasil tabel A dan B, kemudian nilai-nilai tersebut ditempatkan pada tabel C, seperti pada Tabel 2.6 dibawah ini :

Tabel 2. 6 Tabel RULA bagian C

| Table C: Neck, trunk and leg score | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7+ |
|------------------------------------|----|---|---|---|---|---|---|----|
| Wrist and Arm Score | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| | 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| | 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| | 8+ | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |

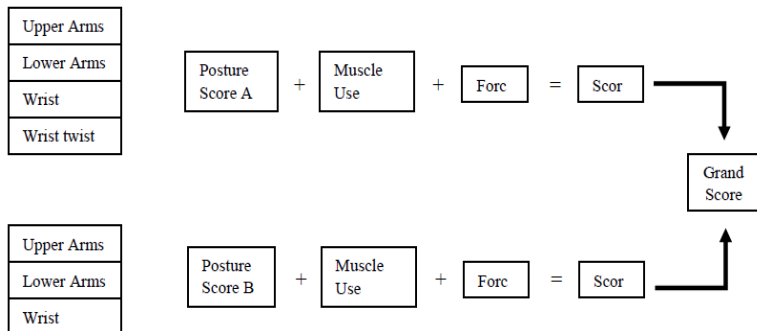
[McAtamney, 1993]

Nilai akhir RULA memiliki rentang antara 1 hingga 7 yang dijelaskan pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Nilai tingkat risiko cedera

| Skor | Keterangan |
|---------|--|
| 1 dan 2 | Diterima selama tidak dijaga atau berulang untuk waktu yang lama. |
| 3 | Diterima namun dibutuhkan penyelidikan lebih jauh |
| 4 | Dibutuhkan penyelidikan lebih jauh dan mungkin saja perubahan diperlukan |
| 5 dan 6 | Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan segera |
| 7 | Dibutuhkan penyelidikan dan perubahan sesegera mungkin (mendesak) |

Sehingga apabila dibuat diagram perencanaan RULA secara keseluruhan maka akan menjadi seperti gambar dibawah ini :



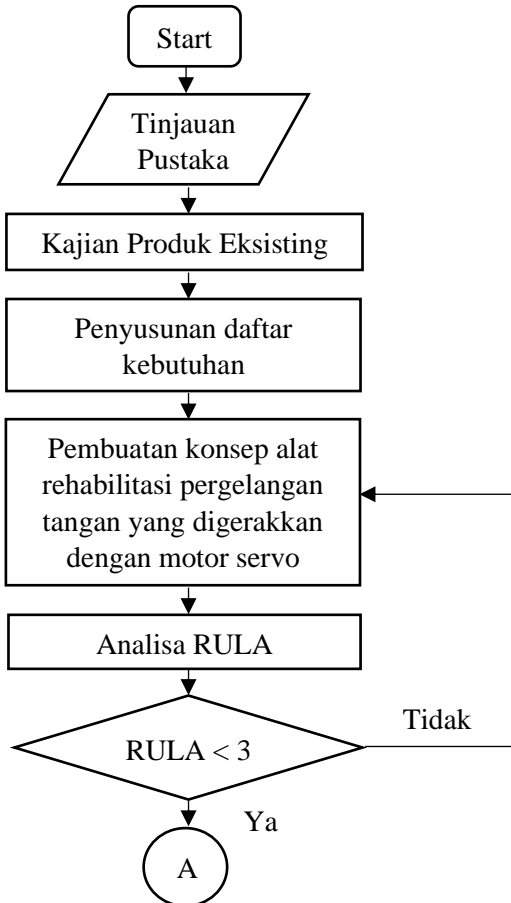
Gambar 2. 11 Skoring untuk RULA

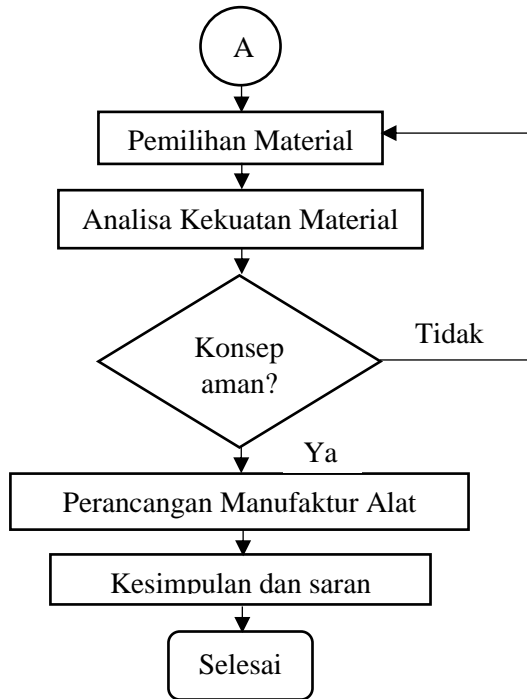
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, ada beberapa tahapan yang digunakan dalam pengembangan dan perancangan alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan dengan motor servo ditunjukkan pada Gambar 3.1 :





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Pengembangan alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan dengan motor servo dilakukan berdasarkan tahapan berikut :

1. Tinjauan Pustaka
2. Kajian produk eksisting
3. Penyusunan daftar kebutuhan
4. Pembuatan konsep alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan motor servo
5. Analisa RULA

6. Pemilihan material
7. Analisa kekuatan material
8. Perancangan manufaktur alat
9. Kesimpulan dan saran

3.2.1 Tinjauan Pustaka

Pada tahap pertama dilakukan pengumpulan data tentang alat rehabilitasi pada pergelangan tangan yang pernah ada. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran awal mengenai konsep dan mekanisme khususnya alat rehabilitasi pergelangan tangan beserta komponen-komponen yang digunakan. Tinjauan Pustaka dilakukan dengan membaca beberapa jurnal ilmiah yang ada di internet dan juga buku-buku yang berkaitan dengan alat rehabilitasi pergelangan tangan pada pasien pasca *stroke*.

3.2.2 Kajian Produk Eksisting

Tahap ini dilakukan dengan mengkaji produk yang sudah ada. Yaitu dengan cara mengamati dan mempelajari desain konsep termasuk komponen-komponen yang digunakan serta mekanisme dari alat rehabilitasi pergelangan tangan yang sudah ada. Analisa ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kelebihan, kelemahan, dan juga hal yang kurang efisien pada setiap produk yang sudah ada.

3.2.3 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Sebelum melakukan perancangan, hal yang dilakukan adalah membuat susunan daftar kebutuhan (*list of requirements*) dari alat rehabilitasi pergelangan tangan. *List of requirements* diperoleh dari hasil survey yang dilakukan pada beberapa responden yang meliputi pasien pasca *stroke* dan fisioterapis melalui pengisian kuisioner secara *online*. Selanjutnya susunan daftar kebutuhan ini digunakan sebagai bahan untuk melakukan pengembangan pada desain dan mekanisme kerja alat rehabilitasi pergelangan tangan yang baru.

3.2.4 Pembuatan Konsep Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

Pembuatan konsep dilakukan berdasarkan hasil dari susunan kebutuhan yang sudah dibuat, lalu direalisasikan dalam bentuk desain. Pada tahap ini dibuat setidaknya dua alternatif konsep desain dari alat rehabilitasi pergelangan tangan baru beserta komponen-komponennya. Pembuatan konsep disesuaikan dengan daftar kebutuhan yang ada, dimana masing-masing konsep memiliki penilaian tersendiri dari setiap daftar kebutuhannya.

3.2.5 Analisa RULA

Perancangan geometri pada rangka dan *Bracket* perlu memerhatikan faktor ergonomi dan kenyamanan dari pasien terapi. Maka dari itu dilakukan Analisa RULA dengan menggunakan software CATIA untuk mendapatkan posisi pasien saat proses terapi berlangsung.

3.2.6 Pemilihan Material

Pemilihan material bertujuan untuk menentukan jenis material yang digunakan pada rangka alat, bantalan untuk meletakkan pergelangan tangan, perekat untuk mengunci pergelangan tangan, dan *handgrip* untuk telapak tangan. Pemilihan material untuk rangka alat dipilih yang ringan dan kuat. Sedangkan untuk bantalan pergelangan tangan dipilih material yang ramah terhadap kulit, karena mengingat permukaan kulit tangan pasien yang kontak langsung dengan bantalan dan ketika proses terapi berlangsung akan menimbulkan suatu gesekan.

3.2.7 Analisa Kekuatan Material

Analisa kekuatan material bertujuan untuk mengetahui berapa besar tegangan dan displacement yang terjadi pada material sehingga dapat dianalisis material yang akan digunakan dapat menahan beban tangan pasien atau tidak. Alat rehabilitasi ini didesain untuk dapat menahan beban hingga 10 kg.

3.2.8 Perancangan Manufaktur Alat

Setelah dilakukan Analisa RULA dan Analisa kekuatan material, selanjutnya akan diperoleh geometri dan dimensi dari masing-masing komponen. Kemudian lanjut ke perancangan manufaktur dari alat rehabilitasi pergelangan tangan beserta komponen-komponennya. Pada tahap ini dilakukan dengan tujuan memudahkan proses manufaktur dan perakitan alat rehabilitasi pergelangan tangan.

3.2.9 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua proses sudah selesai hingga pengujian dan evaluasi, maka dapat ditarik kesimpulan yang merupakan hal-hal penting selama proses pengembangan konsep dan pembuatan *prototype*. Dan dari hasil evaluasi, diperoleh saran-saran yang membangun sebagai bahan perbaikan pada penelitian selanjutnya agar diperoleh hasil yang lebih baik.

(“Halaman ini sengaja dikosongkan”)

BAB IV

PENGEMBANGAN ALAT REHABILITASI PERGELANGAN TANGAN PASCA *STROKE*

4.1 Kajian Produk *Existing*



Gambar 4. 1 Wrist Rehabilitation Device *Pictor*
[Pictor, 2020]

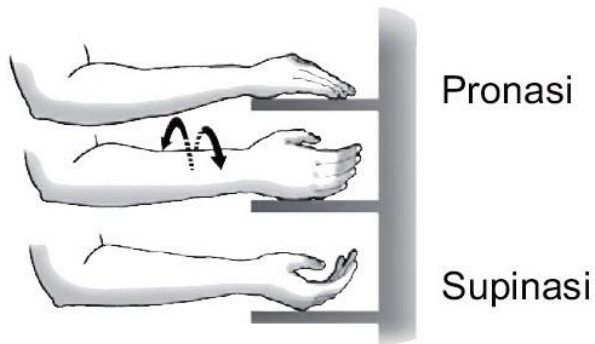
Wrist Rehabilitation Device Pictor merupakan produk alat rehabilitasi pergelangan tangan pasien pasca stroke yang sudah ada dan sudah dijual secara massal. *Pictor* memungkinkan penggunaanya untuk mencapai rehabilitasi yang maksimal pada pergelangan tangan berdasarkan pada latihan aktif dan mandiri yang diperlukan untuk membangun kembali fungsi pergerakan anatomi tangan. Produk ini memiliki panjang 360 mm, lebar 620 mm, dan tinggi 240 mm dengan berat 17 kg. Terdapat meja khusus untuk menggunakan produk ini yang dapat membantu *assembly Pictor*, mudah untuk digunakan dimana saja, dan rapi. Meja khusus

ini memiliki dimensi panjang 945 mm, lebar 450 mm, dan tinggi 720 mm.



Gambar 4. 2 Pictor
[Pictor, 2020]

Cara pemakaian *Wrist Rehabilitation Device* Pictor adalah sebagai berikut : Tangan pasien dimasukkan melalui dua sabuk (berwarna hitam) yang masih longgar, kemudian tangan menggenggam poros (juga berwarna hitam). Selanjutnya ikatan sabuk dikencangkan pada lengan, sehingga tangan tidak terikat dengan baik pada sabuk. Pada alat terdapat dua pengunci yaitu pengunci depan dan samping. Masing-masing mempunyai fungsi penting. Jika pengunci samping dirapatkan dan pengunci depan dilonggarkan, maka tangan pasien akan bergerak supinasi dan pronasi. Gerakan supinasi dan pronasi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Gerakan Supinasi dan Pronasi
[Google Image, 2020]

Lalu apabila pengunci depan yang dirapatkan dan pengunci samping dilonggarkan, maka tangan pasien akan melakukan gerakan fleksi dan ekstensi ketika posisi tangan pronasi. Dan tangan pasien akan melakukan gerakan abduksi dan adduksi ketika tangan pasien pada posisi tegak. Gerakan fleksi ekstensi dan abduksi adduksi dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Gerakan fleksi ekstensi dan abduksi adduksi
[Google Image, 2020]

Secara mekanisme, Alat merk Pictor sudah memenuhi fungsinya, yaitu sebagai alat rehabilitasi pergelangan tangan pada pasien (umumnya pasien pasca stroke). Dengan mekanisme pengunci depan dan samping, maka alat ini juga bisa melakukan kombinasi pergerakan. Walaupun demikian, alat ini masih perlu dikaji, yaitu dengan cara melakukan evaluasi pada produk ini. Hasil kajian menunjukkan beberapa, diantaranya :

1. Pasien yang melakukan rehabilitasi dengan produk ini harus didampingi oleh terapis. Karena Pictor dirancang untuk pasien pasca stroke yang sudah bisa menggerakkan tangannya meskipun masih belum lancar. Hal ini membuat rehabilitasi pergelangan tangan pada pasien pasca stroke jadi lebih mahal.
2. Pasien stroke tidak semua mengalami kelumpuhan total. Banyak juga pasien stroke yang mengalami setengah kelumpuhan pada tubuhnya. Seperti pada gambar 4.2, Pictor menyediakan terapi pergelangan tangan untuk kedua tangan pasien. Jadi bisa dikatakan kurang efisien apabila alat ini digunakan pasien yang mengalami kelumpuhan setengah badan.
3. pada gambar 4.1 tertera bahwa produk ini diletakkan pada meja khusus yang *support* dengan *assembly* Pictor. Hal ini membuat Pictor tidak mudah digunakan dimana saja. Atau bisa dikatakan produk ini kurang fleksibel.
4. Pictor memiliki berat 17 kg dan dimensi yang besar yaitu panjang 360 mm, lebar 620 mm, dan tinggi 240 mm. Hal ini membuat Pictor membutuhkan tempat yang luas untuk melakukan rehabilitasi.
5. Harga yang ditawarkan dari produsen untuk produk Pictor ini sekitar 18,5 juta rupiah bisa dikatakan alat ini cukup mahal.

4.2 Daftar Kebutuhan (*List of Requirements*)

Berikut ini merupakan tabel yang menampilkan daftar kebutuhan (*list of requirements*) yang dibutuhkan untuk proses

pengembangan alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan motor servo.

Tabel 4. 1 *List of Requirements*

| LIST OF REQUIREMENTS | | | | |
|-----------------------|---------|--|--|---------------------------|
| TEKNIK MESIN ITS | | DAFTAR KEBUTUHAN PRODUK | | Halaman 1 dari 1 |
| | | WRIST REHABILITATION DEVICE | | |
| Perubahan | S/ H | Uraian Kebutuhan | | Penanggung Jawab |
| Fungsi | | | | |
| 10/05/2020 | S | Dapat digerakkan searah Abduksi dan Adduksi | | Lukman Yassir Amali |
| 10/05/2020 | S | Dapat digerakkan searah Fleksi dan Ektensi | | |
| 10/05/2020 | S | Dapat digerakkan searah Pronasi dan Supinasi | | |
| 10/05/2020 | H | Dapat digerakkan dengan arah kombinasi | | |
| Kekuatan dan Keamanan | | | | |
| 10/05/2020 | S | Dapat menahan beban maksimal 5 Kg | | Lukman Yassir Amali |
| 10/05/2020 | S | Tidak mudah berdeformasi | | |
| 10/05/2020 | S | Motor penggerak kuat menggerakkan beban 5 Kg | | |
| 10/05/2020 | H | Tahan selama 5 tahun | | |
| Ergonomis | | | | |
| 10/05/2020 | S | Nyaman digunakan | | Lukman Yassir Amali |
| 10/05/2019 | S | Mudah digunakan | | |
| 10/05/2020 | H | Pengunci tangan dapat disesuaikan | | |

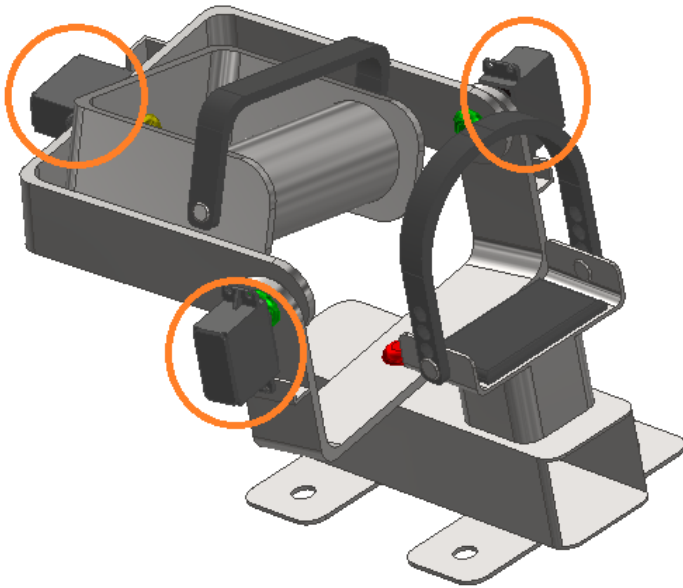
| Manufaktur | | | |
|------------|---|---------------------------------------|---------------------------|
| 10/05/2020 | S | Rangka dari material yang tahan karat | Lukman Yassir Amali |
| 10/05/2020 | S | Berat alat tidak lebih dari 10 Kg | |
| Perawatan | | | |
| 10/05/2020 | S | Mudah diperbaiki | Lukman Yassir Amali |
| Geometri | | | |
| 10/05/2020 | S | Panjang alat tidak lebih dari 50 cm | Lukman Yassir Amali |
| 10/05/2020 | S | Lebar alat tidak lebih dari 30 cm | |
| 10/05/2020 | S | Tinggi alat tidak lebih dari 20 cm | |

Keterangan : S = Syarat

H = Harapan

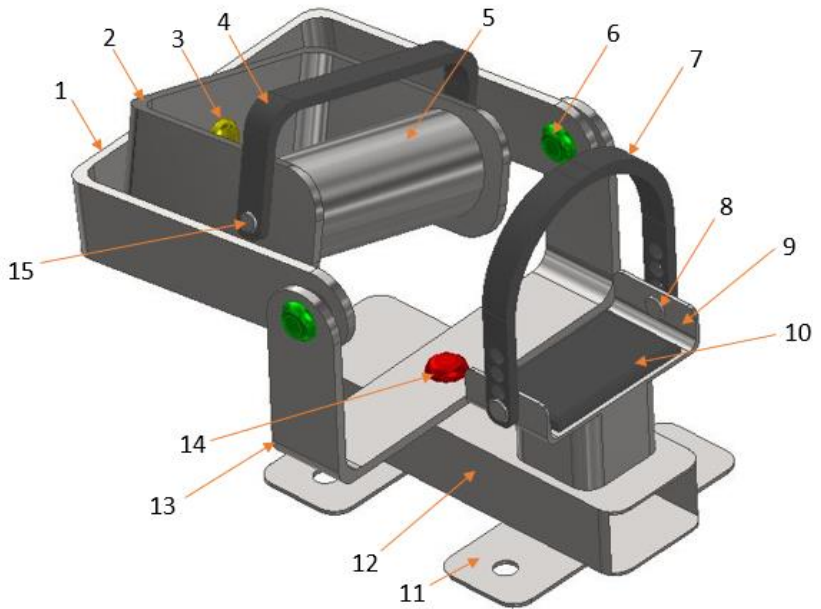
4.3 Pembuatan Konsep Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan yang digerakkan Motor Servo

Setelah melakukan kajian tentang prinsip kerja dari alat rehabilitasi pergelangan tangan yang sudah ada, selanjutnya akan dibuat konsep baru untuk memperbaiki kekurangan-kekurangan dari produk sebelumnya. Tentunya konsep yang akan dibuat berdasarkan daftar kebutuhan yang sudah disusun. Berikut merupakan rancangan konsep alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan motor servo ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Konsep alat rehabilitasi pergelangan tangan yang digerakkan motor servo

Konsep alat rehabilitasi pergelangan tangan memiliki panjang total 350,459 mm, lebar total 216 mm, dan tinggi total 167,632 mm. Komponen utama dari alat rehabilitasi pergelangan tangan dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.2 dibawah ini :



Gambar 4. 6 Komponen Rancangan Baru Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

Tabel 4. 2 Komponen Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

| No. | Nama Komponen | Jumlah |
|-----|--|--------|
| 1 | Plat untuk gerakan abduksi dan adduksi (<i>Hand Plate-B</i>) | 1 |
| 2 | Plat untuk gerakan pronasi dan supinasi (<i>Hand Plate-C</i>) | 1 |
| 3 | Pin gerakan pronasi dan supinasi | 1 |
| 4 | Sabuk perekat tangan | 1 |
| 5 | <i>Handgrip</i> | 1 |
| 6 | Pin gerakan abduksi dan adduksi | 2 |
| 7 | Sabuk perekat lengan | 1 |
| 8 | Pin perekat lengan | 2 |

| | | |
|----|--|---|
| 9 | Plat untuk meletakkan lengan (<i>Forearm Plate</i>) | 1 |
| 10 | Bantal lengan | 1 |
| 11 | <i>Bracket</i> untuk pengunci ke meja | 2 |
| 12 | Box untuk Arduino | 1 |
| 13 | Plat untuk gerakan fleksi dan ekstensi (<i>Hand Plate-A</i>) | 1 |
| 14 | Pin gerakan fleksi dan ekstensi | 1 |
| 15 | Pin sabuk perekat tangan | 2 |

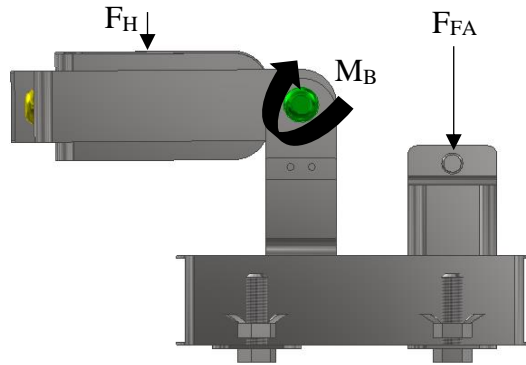
Cara kerja dari Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan ini kurang lebih sama dengan cara kerja pada produk Pictor. Salah satu tangan pasien diletakkan pada *Forearm Plate*, lalu tangan menggenggam *Handgrip*. Kemudian sabuk perekat tangan direkatkan rapat, sedangkan sabuk perekat lengan dikunci tidak terlalu rapat. Hal ini ditujukan untuk menghindari adanya cedera pada lengan pasien. Sabuk perekat lengan tetap digunakan karena mencegah tangan pasien bergerak ke segala arah yang bisa menimbulkan lengan pasien jatuh dari alat rehabilitasi dan dapat berakibat fatal. Setelah itu Arduino dinyalakan dan motor servo akan otomatis berputar sesuai dengan program latihan yang sudah dibuat.

4.4 Komponen Utama Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

Komponen utama dari alat rehabilitasi pergelangan tangan yaitu *Body Frame*, motor servo beserta arduino, dan pengunci.

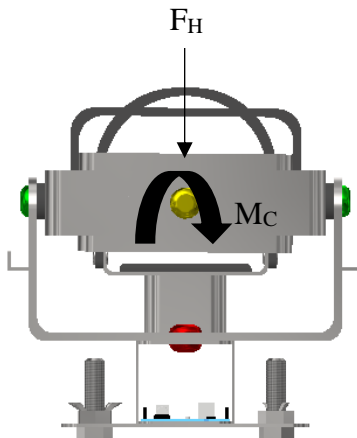
4.4.1 Body Frame

Body Frame berperan penting sebagai bagian utama dari alat rehabilitasi pergelangan tangan. Oleh karena itu, ketika merancang *frame* harus diperhatikan dengan teliti posisi kenyamanan tangan pasien. Pada pengembangan alat rehabilitasi pergelangan tangan ini, *Body Frame* dirancang menggunakan material AISI aluminium 6061. *Body Frame* sendiri terdiri dari beberapa komponen, diantaranya *Base Frame*, *Forearm Plate*, *Hand Plate-A*, *Hand Plate-B*, dan *Hand Plate-C*.

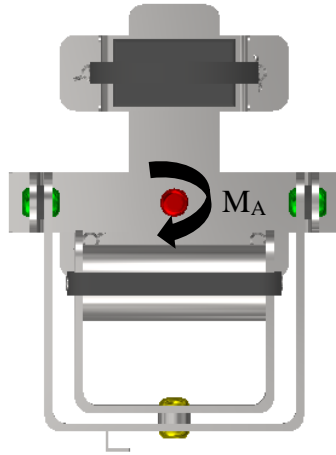


Gambar 4. 7 Free Body Diagram Body Frame (tampak samping)

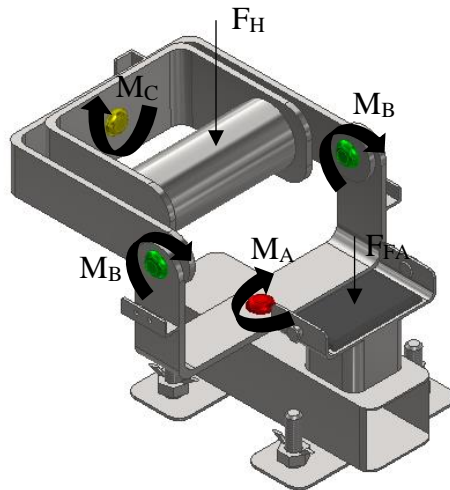
Pada Gambar 4.7 menjelaskan Free Body Diagram Alat Rehabilitasi jika dilihat dari tampak samping. Gaya yang terjadi adalah F_H terdapat pada *handgrip* pada *base plate-C* dan F_{FA} terdapat pada *forearm plate*, sedangkan momen yang terjadi adalah M_B terdapat pada pin berwarna hijau.



Gambar 4. 8 Freebody Diagram Body Frame (tampak depan)



Gambar 4. 9 *Freebody Diagram Body Frame (tampak atas)*



Gambar 4. 10 *Free Body Diagram Body Frame (tampak isometri)*

Gambar 4.7, 4.8, 4.9 dan 4.10 menjelaskan Free Body Diagram dari *Body Frame* Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan. Dengan asumsi massa pasien pasca stroke adalah 100 kg dan gaya yang bekerja pada alat rehabilitasi pergelangan tangan adalah gaya dari tangan dan lengan, maka selanjutnya dilakukan perhitungan berat pergelangan tangan dan tangan dengan persamaan yang terdapat pada Tabel 2.1. F_H merupakan gaya yang ditimbulkan oleh tangan ($0,0055W + 0,07$) dan berpengaruh pada kemampuan motor servo. Sedangkan F_{FA} merupakan gaya yang ditimbulkan oleh lengan ($0,0189W - 0,16$) dan tidak berhubungan dengan motor servo, artinya gaya F_{FA} tidak berpengaruh terhadap motor servo. M_A merupakan momen dari pin A. M_B merupakan momen dari pin B. dan M_C merupakan momen dari pin C. Dari persamaan di Tabel 2.1 didapatkan hasil seperti berikut :

$$W = 100 \text{ kg}$$

$$F_H = (0,0055 \cdot 100 + 0,07) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 6,1 \text{ N}$$

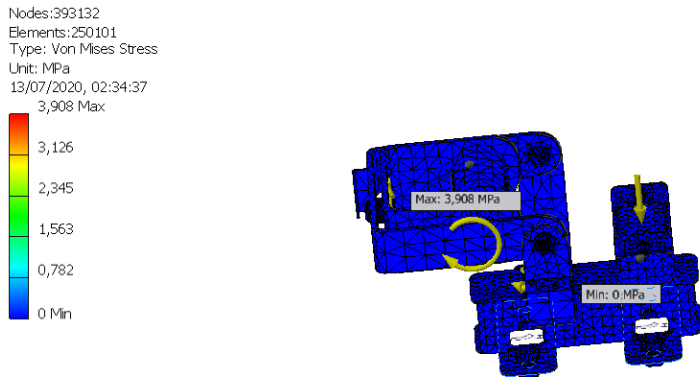
$$F_{FA} = (0,0189 \cdot 100 - 0,16) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 17 \text{ N}$$

$$M_A = 2.451,66 \text{ Nmm}$$

$$M_B = 3.053,65 \text{ Nmm}$$

$$M_C = 91,65 \text{ Nmm}$$

Dari perhitungan diatas, selanjutnya dilakukan Analisa tegangan dengan menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2020 ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut ini:



Gambar 4. 11 Analisa Tegangan pada software Autodesk Inventor Professional 2020

Dengan gaya F_{FA} dan gaya F_H yang terjadi dilakukan simulasi tegangan material Aluminium 6061, tegangan *yield strength* maksimum yang terjadi adalah sebesar 3,908 MPa. Tegangan ijin material yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Tegangan Ijin Material $S_{syp} > (N \cdot \sigma_y)/0,555$

$S_{syp} > (3 \cdot (3,908))/0,555$

$S_{syp} > 21,12 \text{ MPa}$

$S_{syp} > 3063,197 \text{ psi}$

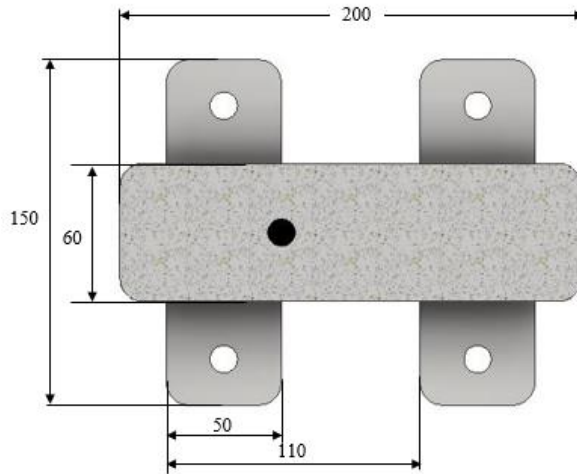
Tabel 4. 3 Karakteristik Al 6061 [Smith F. Wiliam, 1994]

| <i>Alloy</i> | <i>Temper</i> | <i>Tensile strength, psi</i> | <i>Tensile yield strengt h psi</i> | <i>Elonga tion & in 2 in</i> | <i>Hardn ess Bhn</i> | <i>Shear strengt h psi</i> | <i>Fatigu e limit psi</i> |
|--------------|---------------|------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------|
| 6050 | | | | | | | |
| 6061 | 0 | 16.000 | 8.000 | 35 | 26 | 11.000 | 8.000 |
| | T6 | 37.000 | 32.000 | 13 | 80 | 23.000 | 13.000 |
| | 0 | 18.000 | 8.000 | 25 | 30 | 12.000 | 9.000 |
| | T4,T451 | 35.000 | 21.000 | 22 | 65 | 24.000 | 13.000 |
| | T6,T651 | 45.000 | 40.000 | 12 | 95 | 30.000 | 14.000 |
| | T81 | 55.000 | 52.000 | 15 | | 32.000 | |
| 6066 | T91 | 59.000 | 57.000 | 12 | | 33.000 | |
| | T913 | 67.000 | 66.000 | 10 | | 35.000 | 14.000 |
| | 0 | 22.000 | 12.000 | 18 | 43 | 14.000 | |
| 6070 | T4,T451 | 52.000 | 30.000 | 18 | 90 | 29.000 | |
| | T6,T651 | 57.000 | 52.000 | 12 | 120 | 34.000 | |
| 6101 | 0 | 21.000 | 10.000 | 20 | 35 | 14.000 | 16.000 |
| 6151 | T6 | 57.000 | 52.000 | 12 | 120 | 34.000 | 9.000 |
| 6201 | T6 | 32.000 | 28.000 | 15 | 71 | 20.000 | 14.000 |
| | T6 | 48.000 | 43.000 | 17 | 100 | 32.000 | |
| 6262 | T81 | 48.000 | | 6 | | | 12.000 |
| | T9 | 58.000 | 55.000 | 10 | 120 | 35.000 | 15.000 |
| | T4,T451 | 42.000 | 27.000 | 20 | 60 | 22.000 | 13.000 |
| 6351 | T6,T651 | 49.000 | 43.000 | 13 | 95 | 29.000 | 13.000 |
| | 0 | 16.000 | 6.000 | 30 | 28 | 11.000 | 13.000 |
| | T6 | 39.000 | 33.000 | 13 | 82 | 26.000 | |
| 6951 | | | | | | | |

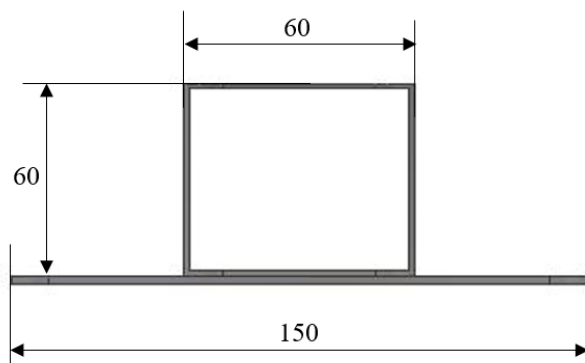
Dari Tabel 4.3, dengan tegangan ijin material harus lebih dari 3063,197 psi, maka material Alumunium Alloy 6061 **aman** digunakan pada alat rehabilitasi pergelangan tangan.

A. *Base Frame*

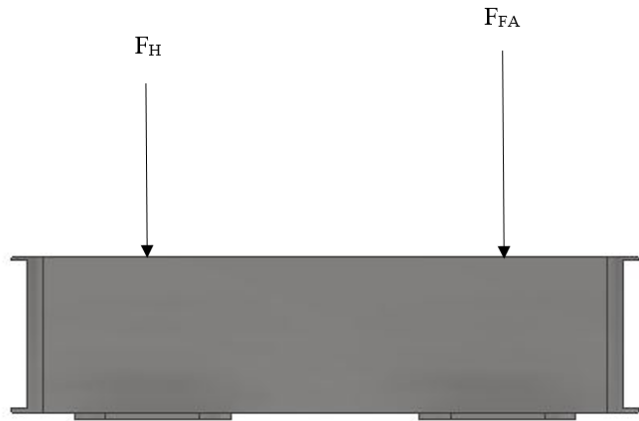
Base Frame menggunakan aluminium hollow ukuran 60mm x 60mm dengan ketebalan 2 mm. *Base Frame* berfungsi untuk menopang *Forearm Plate*, *Hand Plate-A*, *Hand Plate-B*, dan *Hand Plate-C*. Berikut merupakan dimensi dari *Base Frame*.



Gambar 4. 12 Dimensi *Base Frame* tampak atas



Gambar 4. 13 Dimensi *Base Frame* tampak depan

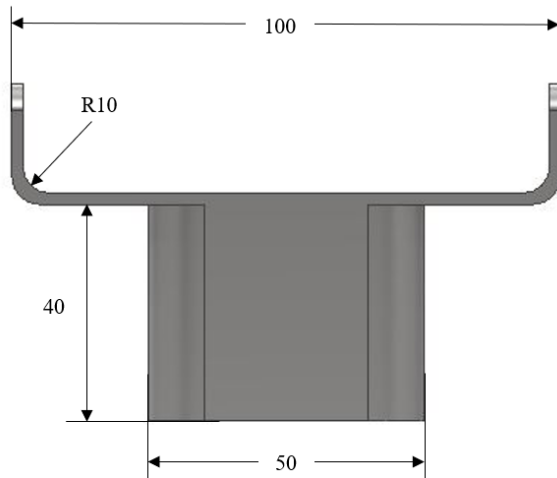


Gambar 4. 14 *Free body diagram Base Frame*

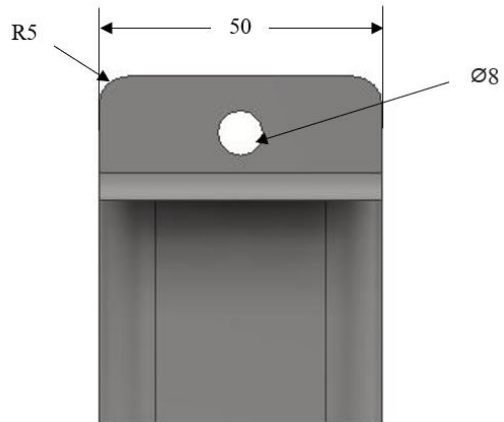
$$\begin{aligned}\sum F_Y &= F_H + F_{FA} \\ &= 6,1 \text{ N} + 17 \text{ N} \\ &= 23,1 \text{ N}\end{aligned}$$

B. *Forearm Plate*

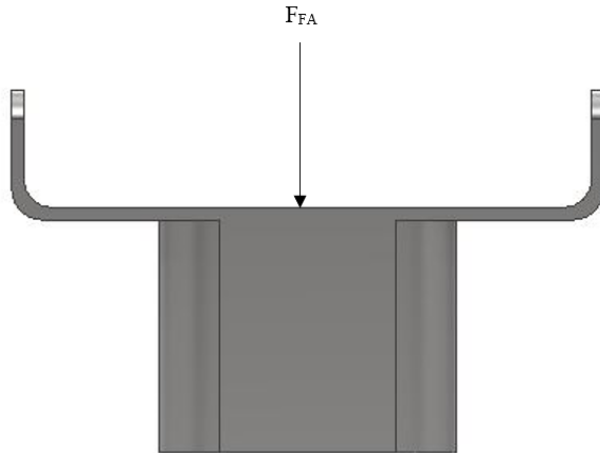
Forearm Plate merupakan plat Aluminium 6061 dengan ketebalan 2 mm yang digunakan untuk tempat meletakkan lengan pasien. Berikut adalah dimensi dari *Forearm Plate*:



Gambar 4. 15 Dimensi *Forearm Plate* (tampak depan)



Gambar 4. 16 Dimensi *Forearm Plate* (tampak samping)

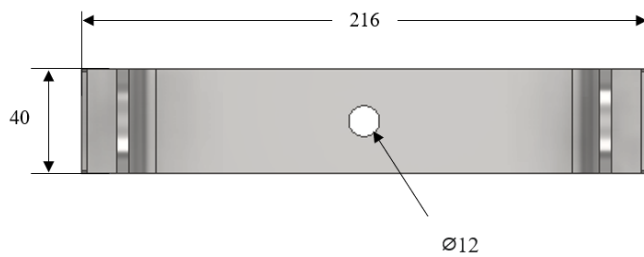


Gambar 4. 17 *Free Body Diagram Forearm Plate*

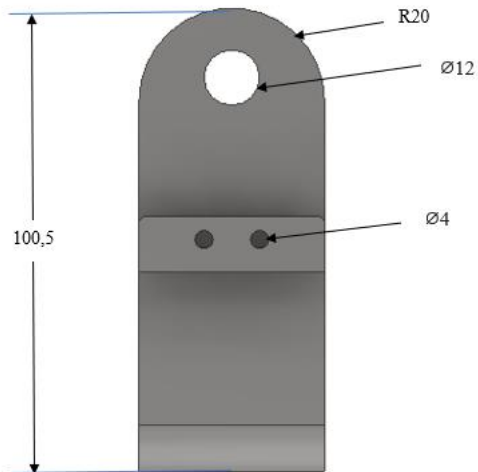
$$\begin{aligned}\sum F_Y &= F_{FA} \\ &= 17 \text{ N}\end{aligned}$$

C. *Hand Plate-A*

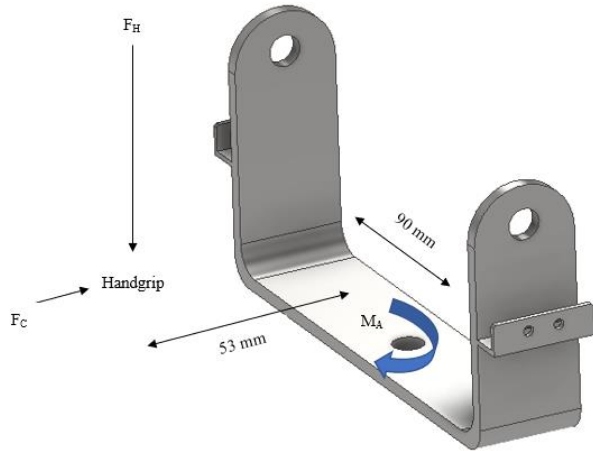
Hand Plate-A merupakan plat alumunium 6061 dengan ketebalan 2 mm yang dapat membantu pasien untuk berlatih gerakan abduksi dan adduksi ketika telapak tangan menghadap kebawah. Juga bisa membantu pasien untuk berlatih gerakan fleksi dan ekstensi ketika telapak tangan menghadap ke samping. Berikut adalah dimensi dan *Free Body Diagram* dari *Hand Plate-A*:



Gambar 4. 18 Dimensi *Hand Plate-A* (tampak atas)



Gambar 4. 19 Dimensi *Hand Plate-A* (tampak samping)



Gambar 4. 20 Free Body Diagram Hand Plate-A

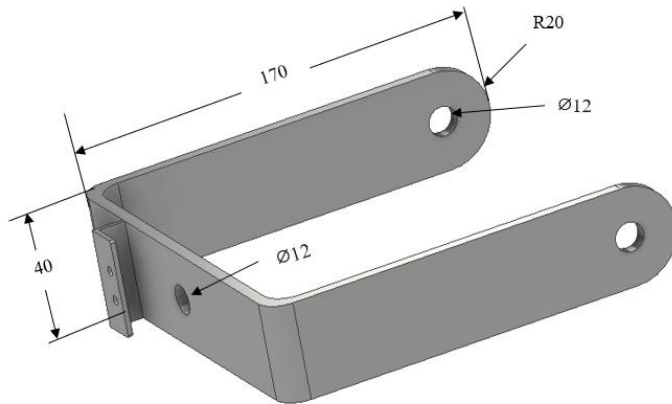
$$\begin{aligned}\sum F_Y &= F_C \\ &= 10,56 \times 9,8 \\ &= 103,5 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sum M &= M_A \\ &= \frac{1}{2} F_C \times \frac{1}{2} r \\ &= 51,75 \times 45 \\ &= 2.328,75 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

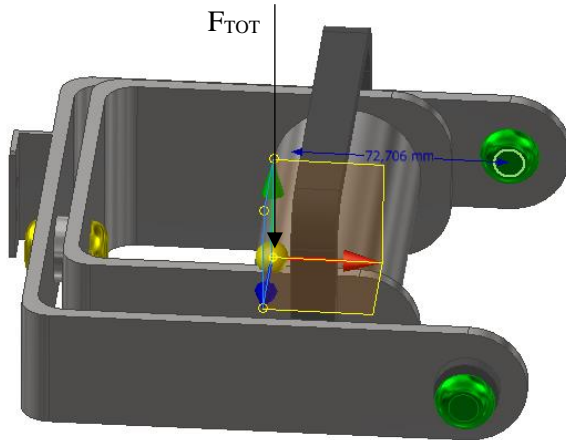
Hand Plate-A dengan diketahui gaya cengkram pada pasien stroke menurut referensi (Prok, Winona. 2016.) rata-rata adalah 10,56 kg sebelum melakukan latihan. Gaya yang digunakan untuk mencari momen adalah setengah dari gaya cengkram tangan rata-rata pasien pasca stroke dan gaya tersebut terpusat pada seperempat dari panjang plat sehingga didapatkan momen gaya sebesar 2.328,75 Nmm. Maka dari itu pada *Hand Plate-A* dapat menggunakan motor servo DS3225 dengan memiliki *torque* sebesar 25 kgF cm atau sama dengan 2.451,66 Nmm (6,8V).

D. *Hand Plate-B*

Hand Plate-B merupakan plat aluminium 6061 dengan ketebalan 2 mm yang dapat membantu pasien untuk berlatih gerakan fleksi dan ekstensi ketika telapak tangan menghadap bawah. Juga bisa membantu pasien untuk berlatih gerakan abduksi dan adduksi ketika telapak tangan menghadap ke samping. Berikut adalah dimensi dan *free body diagram* dari *Hand Plate-B*:



Gambar 4. 21 Dimensi *Hand Plate-B*



Gambar 4. 22 Free Body Diagram Hand Plate-B

$$\begin{aligned}\sum F_Y &= F_{TOT} \\ &= F_H + F_{HP-B} + F_{HP-C} + F_{ServoC} \\ &= 42 \text{ N}\end{aligned}$$

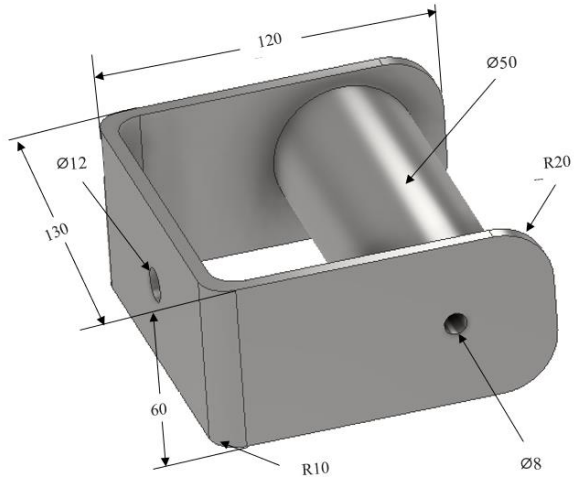
$$\begin{aligned}\sum M &= M_B \\ &= F_Y \times r_{CoG} \\ &= 42 \text{ N} \times 72,706 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_{B1} = M_{B2} = M_B = 3.053,65 \text{ Nmm}$$

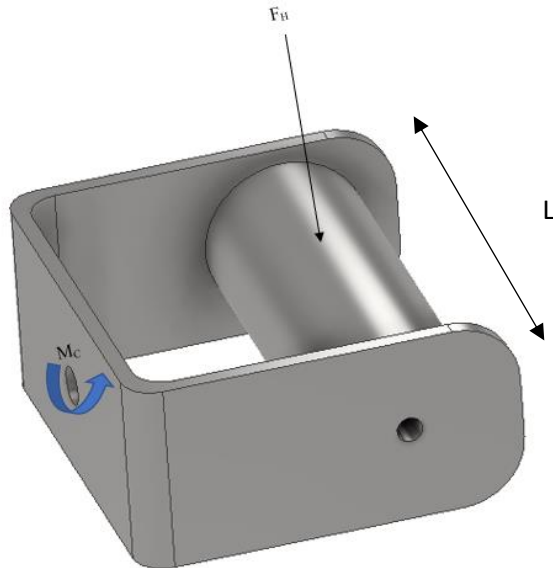
Hand Plate-B dengan momen gaya 3.053,65 Nmm dapat menggunakan 2 motor servo 1501 MG dengan memiliki *torque* sebesar 2 x 17 kgF cm atau sama dengan 3.334,26 Nmm (6V).

E. *Hand Plate-C*

Hand Plate-C merupakan plat aluminium 6061 dengan ketebalan 2 mm yang dapat membantu pasien untuk berlatih gerakan pronasi dan supinasi. Berikut adalah dimensi dan *free body diagram* dari *Hand Plate-C*:



Gambar 4. 23 Dimensi *Hand Plate-C*



Gambar 4. 24 *Free Body Diagram Hand Plate-C*

$$\begin{aligned}\sum F_Y &= F_H \\ &= 6,1 \text{ N} \\ \sum M &= M_C \\ &= \frac{1}{2} F_H \times \frac{1}{4} L \\ &= 3,05 \times 30 \\ &= 91,5 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Hand Plate-C dengan memiliki gaya setengah dari F_H lalu jarak antara pin dengan ujung plat adalah 60 mm sehingga didapatkan momen gaya sebesar 91,5 Nmm. Maka dari itu dapat menggunakan motor servo SG90 dengan memiliki *torque* sebesar 2,5 kgF cm atau sama dengan 245,17 Nmm (6V).

4.4.2 Motor Servo beserta Arduino

Sesuai dengan perhitungan diatas, bahwa torsi yang dibutuhkan untuk menjalankan setiap plat pada alat rehabilitasi pergelangan tangan sebesar 2.328,75 Nmm, 3.053,65 Nmm, dan 91,5 Nmm. Maka untuk memenuhi kebutuhan torsi tersebut, ditemukan servo yang cocok yaitu motor servo tipe SG90, 1501 MG, dan DS3225. Servo SG90 memiliki *stall torque* sebesar 1,8 kgF cm atau setara dengan 176,52 Nmm ketika diberikan input tegangan 4,8 volt dan 2,5 kgF cm atau setara dengan 245.17 Nmm ketika diberikan input tegangan 6 volt. Servo 1501 MG memiliki *stall torque* sebesar 15,5 kgF cm atau setara dengan 1520 Nmm ketika diberikan input tegangan 4,8 volt dan 17 kgF cm atau setara dengan 1.667,13 Nmm ketika diberikan input tegangan 6 volt. Sedangkan servo DS3225 memiliki *stall torque* sebesar 21 kgF cm atau setara dengan 2.059,4 Nmm ketika diberikan input tegangan 5 volt dan 25 kgF cm atau setara dengan 2.451,66 Nmm ketika diberikan input tegangan 6,8 volt. Dengan spesifikasi tersebut, maka motor servo SG90, 1501 MG, dan DS3225 dianggap mampu menggerakkan plat-plat pada rancangan ini.



Gambar 4. 25 Motor Servo SG90

3 pole ferrite
 Nylon gear
 Top ball bearing
 Operating Voltage: 4.8V~6.0V
 Operating speed: 0.12sec/60 degree
 Output torque: 1.6kg/cm 4.8V
 Torque (kg-cm) : 2.5

 Weight (g) : 14.7

 Voltage : 4.8 - 6

Gambar 4. 26 Spesifikasi Motor Servo SG90

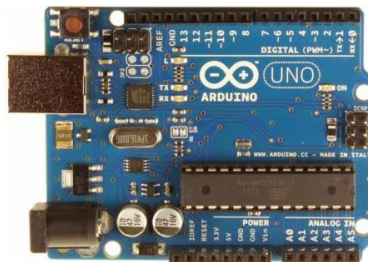


Gambar 4. 27 Motor Servo 1501 MG

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Size: | 40.7 x 20.5 x 39.5 mm |
| Weight: | 60 g |
| Digital?: | N |
| Speed @ 6V: | 0.14 sec/60° |
| Stall torque @ 6V: | 17 kg·cm |
| Speed @ 4.8V: | 0.16 sec/60° |
| Stall torque @ 4.8V: | 15.5 kg·cm |
| Hardware included?: | Y |
| Lead length: | 10 in |

Gambar 4. 28 Spesifikasi Motor Servo 1501 MG

Pada rancangan alat rehabilitasi pergelangan tangan ini, terdapat 4 pin yang masing-masing ada pada setiap plat. Untuk plat A membutuhkan 1 pin, plat B membutuhkan 2 pin, dan plat C membutuhkan 1 pin. Maka dari itu dibutuhkan 4 motor servo yang dipasangkan pada masing-masing pin untuk menggerakkan plat-plat tersebut. Dengan sudah diketahui tipe motor servo yang digunakan adalah 1501 MG, dimana pada plat B membutuhkan torsi yang cukup besar. Sehingga dibutuhkan input tegangan yang besar juga untuk menggerakkan motor servo pada plat B. Input tegangan yang besar ada pada arduino UNO R3 yaitu 7-12 volt.



Gambar 4. 29 Arduino UNO R3

| | |
|-----------------------------|--|
| Microcontroller | ATmega328P |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limit) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| PWM Digital I/O Pins | 6 |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 20 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328P) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328P) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Length | 68.6 mm |
| Width | 53.4 mm |
| Weight | 25 g |

Gambar 4. 30 Spesifikasi Arduino UNO R3



Gambar 4. 31 Motor Servo DS3225

Specification:

- Brand: DSSERVO
- Item: DSSERVO DS3225 Digital Servo
- Operating voltage: 4.8 – 6.8V
- Operating speed (5.0V): 0.15 sec/60 degree
- Operating speed (6.8V): 0.13 sec/60 degree
- Stall torque (5.0V): 21kg/cm
- Stall torque (6.8V): 25kg/cm
- Dead band: 3 μ s
- Working frequency: 50-333Hz
- Connector wire: About 300mm
- Gear type: Metal
- Motor Type: DC motor
- Size: 40x20x40.5mm

Gambar 4. 32 Spesifikasi Motor Servo DS3225

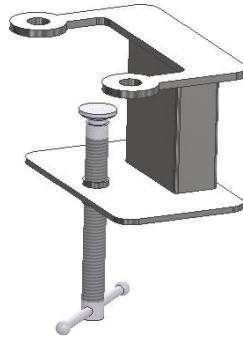


Gambar 4. 33 Potensiometer 100 ohm

4.4.3 Pengunci

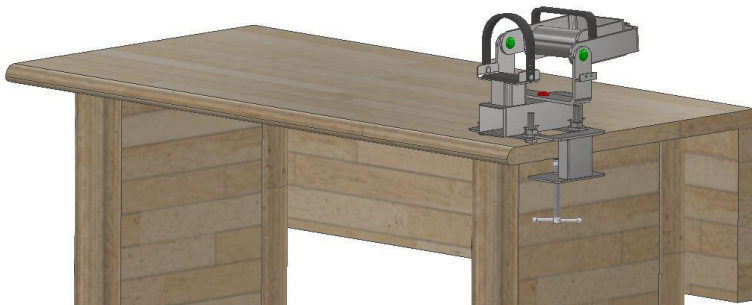
Agar bisa terkunci pada meja, maka alat ini juga dilengkapi pengunci yang prinsip kerjanya sama seperti ragum nantinya akan

dipasang pada komponen nomor 11, *Bracket* untuk pengunci meja. Komponen pengunci meja dapat ditunjukkan pada gambar 4.34.



Gambar 4. 34 Pengunci alat ke meja

Pengunci tersebut dapat digunakan untuk mengunci alat rehabilitasi tangan ke meja dibagian kanan meja atau dibagian kiri meja sesuai dengan kebutuhan. Apabila dikunci dibagian kanan meja, kurang lebih seperti pada gambar 4.35. Apabila dikunci dibagian kiri meja, kurang lebih seperti pada gambar 4.36.



Gambar 4. 35 Alat rehabilitasi dikunci dibagian kanan meja

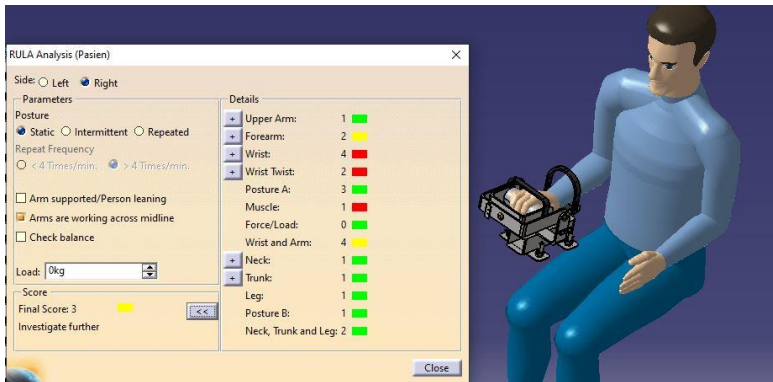


Gambar 4.36 Alat rehabilitasi dikunci dibagian kiri meja

4.5 Analisa RULA Rancangan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

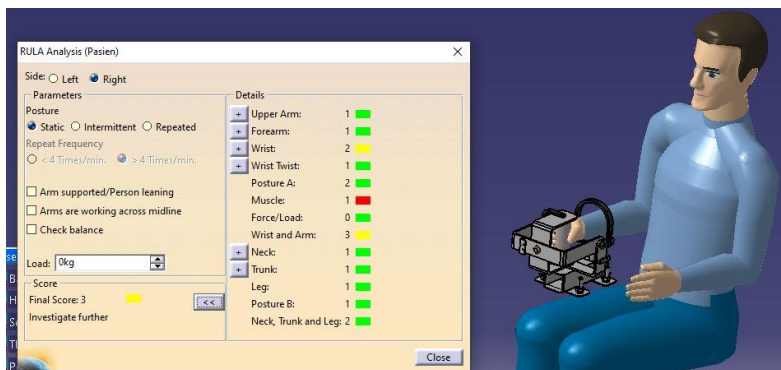
Analisa RULA bertujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan suatu produk saat digunakan dengan menghitung nilai risiko cedera yang terjadi ketika melakukan proses terapi. Analisa ini dilakukan dengan menggunakan software CATIA V5R20. Semakin kecil nilai RULA, maka semakin ergonomis alat rehabilitasi tersebut. Pada bagian ini Analisa RULA dilakukan pada alat rehabilitasi pergelangan tangan ketika posisi tangan pronasi dan tegak.

Analisa RULA yang pertama dilakukan ketika pasien melakukan terapi dengan posisi tangan pronasi. Posisi ini terjadi ketika tangan pasien menggenggam *handgrip* dengan telapak tangan mengarah kebawah. Ditunjukkan pada Gambar 4.34.



Gambar 4. 37 Analisa RULA pada posisi tangan pronasi

Analisa RULA yang kedua dilakukan ketika pasien melakukan terapi dengan posisi tangan tegak. Posisi ini terjadi ketika tangan pasien menggenggam *handgrip* dengan telapak tangan mengarah kesamping. Ditunjukkan pada Gambar 4.35.



Gambar 4. 38 Analisa RULA pada posisi tangan tegak

“Halaman ini Sengaja dikosongkan”

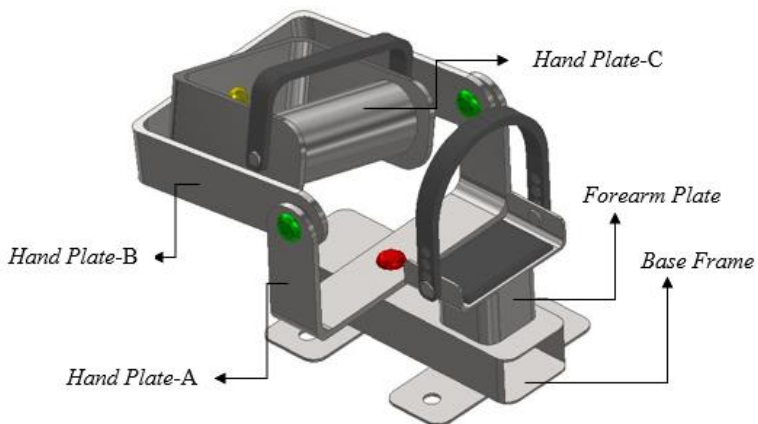
BAB V

PERANCANGAN MANUFAKTUR ALAT REHABILITASI PERGELANGAN TANGAN YANG DIGERAKKAN MOTOR SERVO

5.1 Perancangan Manufaktur Komponen Utama Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

Perancangan manufaktur alat rehabilitasi pergelangan tangan dilakukan pada komponen *Body Frame*. Untuk komponen yang lain sudah tersedia di toko-toko yang ada di Indonesia. Berikut merupakan penjelasan perancangan manufaktur pada alat rehabilitasi pergelangan tangan.

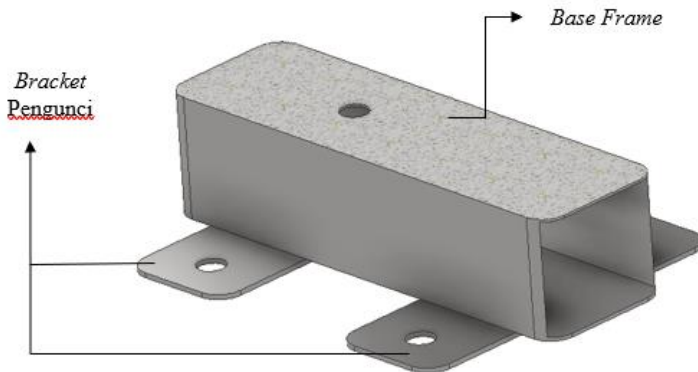
Body Frame pada alat rehabilitasi pergelangan tangan menggunakan material AISI Aluminium 6061. *Body Frame* sendiri dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu *Base Frame*, *Forearm Plate*, *Hand Plate-A*, *Hand Plate-B*, dan *Hand Plate-C* seperti ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 5. 1 Sub Komponen *Body Frame*

A. *Base Frame*

Base Frame dirancang dengan menggunakan aluminium *hollow* ukuran 60 x 60 mm dengan ketebalan 2 mm dan dilengkapi dengan *Bracket* pengunci yang menggunakan 2 lembar plat aluminium ukuran 150 x 50 mm dengan ketebalan 2 mm. *Base Frame* dibuat dengan proses *cutting* dan *grinding*. Lalu untuk bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Begitu juga dengan *Bracket* pengunci dibuat dengan proses *cutting* dan *grinding*. Di bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Nama dan proses pemesinan dari masing-masing komponen akan dijelaskan pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.1 dibawah ini.



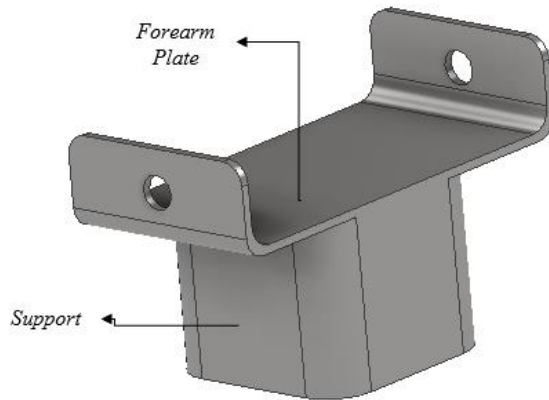
Gambar 5. 2 Sub Komponen *Body Frame*

Tabel 5. 1 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen
Base Frame

| Sub Komponen | Jumlah | Dimensi | Proses | Mesin |
|-------------------------|--------|------------------------|--|---|
| <i>Base Frame</i> | 1 | H 60x60mm, T = 2 mm | <i>Cutting Grinding Drilling</i> | <i>Circular Saw Gerinda Bor</i> |
| <i>Bracket Pengunci</i> | 2 | 150x50 mm, T = 2 mm | <i>Cutting Grinding</i> | <i>Circular Saw Gerinda</i> |

B. Forearm Plate

Forearm Plate dirancang dengan menggunakan plat alumunium ukuran 140 x 50 mm dan memiliki ketebalan 2 mm. Juga dilengkapi dengan support yang dirancang dengan menggunakan alumunium *hollow* ukuran 50 x 50 mm dan memiliki ketebalan 2 mm. *Support* pada *Forearm Plate* dibuat dengan proses *cutting* dan *grinding*. Lalu *Forearm Plate* dibuat dengan proses *bending* yang dilakukan pada mesin *hydraulic press* dengan cetakan atau dies. Setelah proses *bending*, dilakukan proses *cutting* dan *grinding*. Di bagian yang berlubang untuk memasang pin dilakukan proses *drilling*. Nama dan proses pemesinan dari masing-masing komponen akan dijelaskan pada Gambar 5.3 dan Tabel 5.2 dibawah ini.



Gambar 5. 3 Sub Komponen *Forearm Plate*

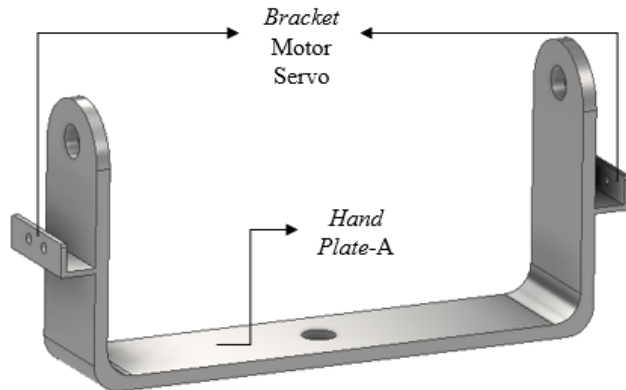
Tabel 5. 2 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen *Forearm Plate*

| Sub Komponen | Jumlah | Dimensi | Proses | Mesin |
|----------------------|--------|------------------------|--|---------------------------------------|
| Support | 1 | H 50x50mm, T = 2 mm | <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> | <i>Circular Saw</i> Gerinda |
| <i>Forearm Plate</i> | 1 | 140x50 mm, T = 2 mm | <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Drilling</i> | <i>Circular Saw</i> Gerinda Bor |

C. *Hand Plate-A*

Hand Plate-A dirancang dengan menggunakan plat aluminium ukuran 390 x 40 mm dengan ketebalan 4 mm dan dilengkapi dengan *Bracket* untuk motor servo B1 dan B2 yang menggunakan 2 lembar plat aluminium ukuran 40 x 23 mm dengan ketebalan 2 mm. *Hand Plate-A* dibuat dengan proses *bending* yang kemudian dilakukan proses *cutting* dan *grinding*. Lalu untuk bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Begitu juga dengan *Bracket* untuk motor

servo dibuat dengan proses *bending* yang kemudian dilakukan *cutting* dan *grinding*. Setelah itu dilakukan proses *welding*. Dan untuk bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Nama dan proses pemesinan dari masing-masing komponen akan dijelaskan pada Gambar 5.4 dan Tabel 5.3 dibawah ini.



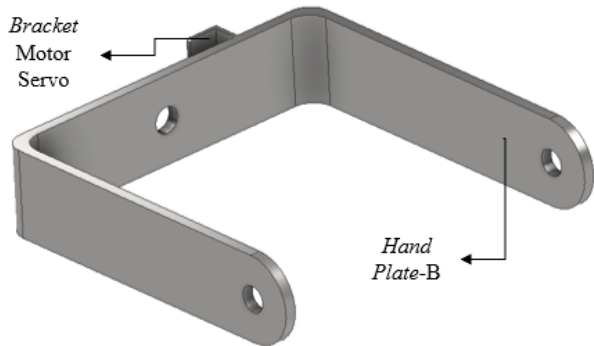
Gambar 5. 4 Sub Komponen *Hand Plate-A*

Tabel 5. 3 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen *Hand Plate-A*

| Sub Komponen | Jumlah | Dimensi | Proses | Mesin |
|----------------------------|--------|-----------------------|--|--|
| <i>Hand Plate-A</i> | 1 | 390x40mm, T = 4 mm | <i>Bending</i> <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Drilling</i> | <i>Hydraulic Press</i> <i>Circular Saw</i> Gerinda Bor |
| <i>Bracket Motor Servo</i> | 2 | 40x23 mm, T = 2 mm | <i>Bending</i> <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Welding</i> <i>Drilling</i> | <i>Hydraulic Press</i> <i>Circular Saw</i> Gerinda Las Argon Bor |

D. *Hand Plate-B*

Hand Plate-B dirancang dengan menggunakan plat aluminium ukuran 480 x 40 mm dengan ketebalan 4 mm dan dilengkapi dengan *Bracket* untuk motor servo C yang menggunakan 1 lembar plat aluminium ukuran 40 x 23 mm dengan ketebalan 2 mm. *Hand Plate-B* dibuat dengan proses *bending* yang kemudian dilakukan proses *cutting* dan *grinding*. Lalu untuk bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Begitu juga dengan *Bracket* untuk motor servo dibuat dengan proses *bending* yang kemudian dilakukan *cutting* dan *grinding*. Setelah itu dilakukan proses *welding*. Dan untuk bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Nama dan proses pemesinan dari masing-masing komponen akan dijelaskan pada Gambar 5.5 dan Tabel 5.4 dibawah ini.



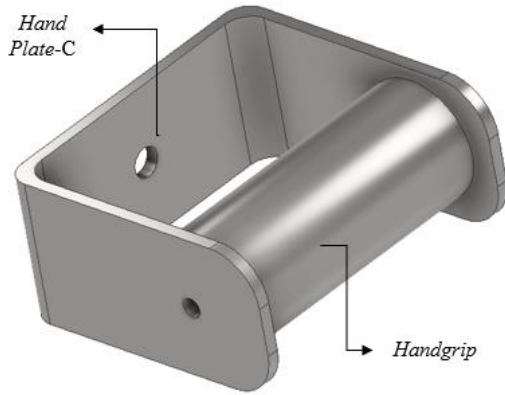
Gambar 5.5 Sub Komponen *Hand Plate-B*

Tabel 5. 4 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen *Hand Plate-B*

| Sub Komponen | Jumlah | Dimensi | Proses | Mesin |
|----------------------------|--------|-----------------------|--|--|
| <i>Hand Plate-B</i> | 1 | 480x40mm, T = 4 mm | <i>Bending</i> <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Drilling</i> | Hydraulic Press Circular Saw Gerinda Bor |
| <i>Bracket Motor Servo</i> | 1 | 40x23 mm, T = 2 mm | <i>Bending</i> <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Welding</i> <i>Drilling</i> | Hydraulic Press Circular Saw Gerinda Las Argon Bor |

E. *Hand Plate-C*

Hand Plate-C dirancang dengan menggunakan plat alumunium ukuran 360 x 60 mm dengan ketebalan 4 mm dan dilengkapi dengan handgrip yang menggunakan pipa alumunium *hollow* diameter dalam 42 mm dan diameter luarnya 50 mm. *Hand Plate-C* dibuat dengan proses *bending* yang kemudian dilakukan proses *cutting* dan *grinding*. Lalu untuk bagian yang berlubang dilakukan proses *drilling*. Begitu juga dengan *handgrip* dibuat dengan proses *cutting* dan *grinding* yang kemudian dilakukan proses *welding*. Nama dan proses pemesinan dari masing-masing komponen akan dijelaskan pada Gambar 5.6 dan Tabel 5.5 dibawah ini.

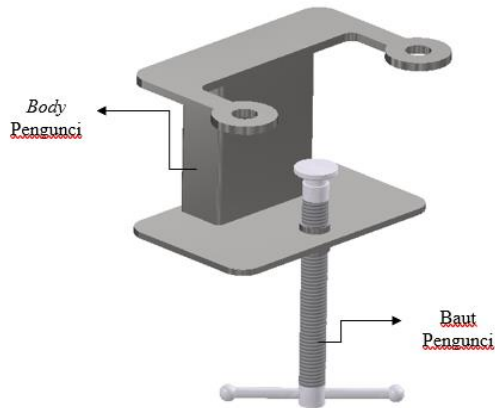


Gambar 5. 6 Sub Komponen *Hand Plate-C*

Tabel 5. 5 Nama dan Proses Pemesinan Sub
Komponen *Hand Plate-C*

| Sub Komponen | Jumlah | Dimensi | Proses | Mesin |
|---------------------|--------|--------------------------|--|---|
| <i>Hand Plate-C</i> | 1 | 360x60mm, T = 4 mm | <i>Bending</i> <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Drilling</i> | <i>Hydraulic Press</i> <i>Circular Saw</i> Gerinda Bor |
| <i>Handgrip</i> | 1 | D1 = 42 mm D2 = 50 mm | <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Welding</i> | <i>Circular Saw</i> Gerinda Las Argon |

Terdapat tambahan komponen untuk melengkapi alat rehabilitasi pergelangan tangan yaitu pengunci. Pengunci ini memiliki prinsip kerja seperti ragum yang berfungsi untuk mengunci alat rehabilitasi pergelangan tangan ke meja. Sehingga ketika digunakan untuk proses terapi, alat rehabilitasi tidak bergerak kemanapun. Material yang digunakan untuk pengunci adalah AISI Aluminium 6061.



Gambar 5. 7 Sub Komponen Pengunci

Pengunci ini dibagi menjadi 2 sub komponen, yaitu *body* pengunci dan baut pengunci. *Body* pengunci ini dirancang dengan menggunakan plat alumunium dan alumunium *hollow* ukuran 50 x 25 mm dengan ketebalan 3 mm. Pengunci dibuat berawal dari plat alumunium dengan ketebalan 3 mm lalu dilakukan proses *cutting* sehingga mendapatkan sebuah plat alumunium ukuran 98 x 32,5 mm dan 2 buah plat alumunium dengan ukuran 55 x 12 mm. Lalu ketiga plat tersebut dilakukan proses *grinding* di ujung-ujungnya agar lebih rapi. Langkah berikutnya adalah membuat lingkaran yang berlubang dari plat alumunium dengan tebal 3 mm tadi dengan proses *turning* sehingga didapatkan 2 buah plat dengan diameter luar 30 mm dan diameter dalam 12 mm. Juga dilakukan *grinding* disisi luar agar lebih rapi. Lalu, membuat plat alumunium dengan ukuran 122 x 75 mm dengan proses *cutting* dan *grinding*. Setelah itu diberikan lubang dengan diameter 14 mm pada bagian tengah agak menjorok ke depan dengan proses *drilling*. Langkah berikutnya membuat pipa alumunium dengan diameter luar 14 mm dan diameter dalam 12 mm dengan proses *drilling*. Selanjutnya dilakukan pengelasan sehingga terbentuk seperti Gambar 5.7. Kemudian untuk baut pengunci dirancang dengan menggunakan

poros alumunium yang memiliki panjang 100 mm dengan diameter 12 mm, plat alumunium lingkaran yang memiliki diameter 20 mm dengan ketebalan 2 mm, dan poros alumunium diameter 5 mm dengan panjang 70 mm. Baut pengunci dibuat berawal dari proses *cutting* hingga mendapatkan poros dengan panjang 100 mm. Lalu dilanjutkan proses *turning* untuk membuat diameter poros menjadi 12 mm dan membuat ulir dengan batas 10 mm dari ujung atas dan ujung bawah. Selanjutnya dilakukan proses *drilling* pada area ujung bawah yang tidak ada ulirnya dengan diameter 5 mm. Kemudian ujung atas disambung dengan plat lingkaran diameter 20 mm melalui proses pengelasan. Pada salah satu ujung poros diameter 5 mm, ditambahkan logam bola kecil dengan proses pengelasan. Setelah itu poros tersebut dimasukkan pada lubang yang ada pada poros diameter 12 mm, kemudian ujung lainnya diberikan logam bola dengan proses pengelasan.

Tabel 5. 6 Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Pengunci

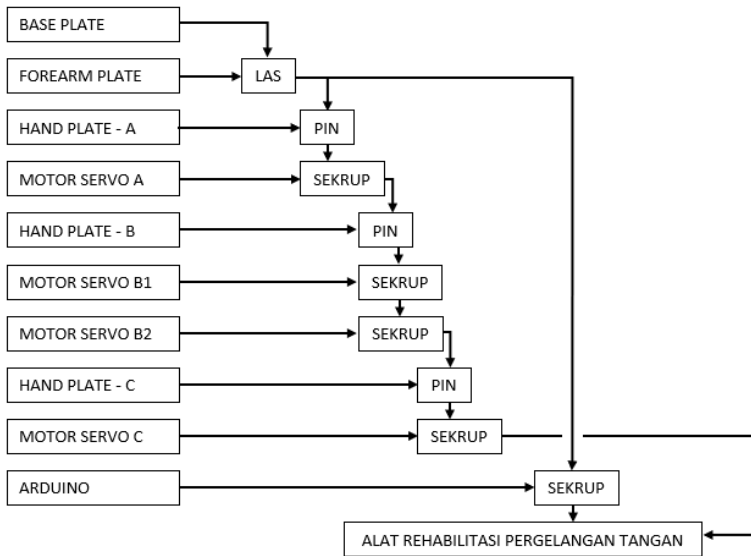
| Sub Komponen | Jumlah | Dimensi | Proses | Mesin |
|-------------------------|--------|---|--|---|
| <i>Body</i> Pengunci | 1 | H 50x25mm T = 2 mm, 98x32,5 mm T = 3 mm, 2x55x12 mm T = 3 mm, 122x75 mm T = 3 mm, D = 14 mm | <i>Cutting</i> <i>Grinding</i> <i>Turning</i> <i>Drilling</i> <i>Welding</i> | <i>Circular Saw</i> Gerinda Mesin Bubut Bor Las Argon |
| Baut Pengunci | 1 | D = 12 mm L = 100 mm, D = 20 mm T = 3 mm, D = 5 mm L = 70 mm | <i>Cutting</i> <i>Turning</i> <i>Drilling</i> <i>Welding</i> | <i>Circular Saw</i> Bubut Bor Las Argon |

5.2 Rancangan Perakitan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

Setelah dilakukan Analisa perancangan manufaktur, selanjutnya yang dilakukan adalah Analisa proses perakitan. Proses perakitan meliputi semua komponen yang berada pada alat rehabilitasi pergelangan tangan mulai dari *Body Frame*, baut, mur, pin, Arduino dan motor servo. Proses perakitan dimulai dari *Body Frame* yang terdiri dari beberapa sub komponen, diantaranya adalah *Base Frame*, *Forearm Plate*, *Hand Plate-A*, *Hand Plate-B*, dan *Hand Plate-C*.

Untuk merakit *Base Frame* dan *Forearm Plate*, dilakukan pengelasan antara aluminium *hollow* dari *Base Frame* dengan aluminium *hollow* dari *Forearm Plate*. Langkah berikutnya adalah menyambungkan *Base Frame* dengan *Hand Plate-A* dengan cara diberikan pin pada masing-masing lubang. Lalu, menyambungkan *Hand Plate-A* dengan *Hand Plate-B* dengan diberikan pin pada lubang sisi kanan dan sisi kiri. Selanjutnya memasang *Hand Plate-B* dengan *Hand Plate-C* dengan memberikan pin pada ujung masing-masing plat. Dan yang terakhir memasang *wing nut* dan baut pada masing-lubang yang ada pada *Bracket* pengunci.

Diagram perakitan alat rehabilitasi dapat dilihat pada gambar 5.8 berikut ini :



Gambar 5. 8 Diagram Perakitan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

5.3 Rancangan Arduino dan Motor Servo Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan

Setelah dilakukan rancangan perakitan alat rehabilitasi pergelangan tangan, maka selanjutnya adalah merancang perakitan untuk Arduino dan motor servo. Komponen yang dibutuhkan adalah 1 buah Arduino, 1 buah adaptor, 2 buah motor servo 1501 MG, 1 buah motor servo SG90, 1 buah motor servo DS3225 *breadboard* mini, dan beberapa kabel *jumper* untuk menghubungkan motor servo dengan Arduino. Arduino yang digunakan adalah Arduino UNO R3 dengan spesifikasi seperti pada Gambar 5.9. Adaptor yang digunakan adalah adaptor umum seperti pada Gambar 5.10. Motor servo MG 995 ditunjukkan pada Gambar 5.11 dan untuk spesifikasinya ditunjukkan pada Gambar 5.12. *Breadboard* mini ditunjukkan pada Gambar 5.13. Kabel

jumper ditunjukkan pada Gambar 5.14. Dan yang terakhir Servo SG90 dan spesifikasinya ditunjukkan pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16.

| | |
|-----------------------------|--|
| Microcontroller | ATmega328P |
| Operating Voltage | 5V |
| Input Voltage (recommended) | 7-12V |
| Input Voltage (limit) | 6-20V |
| Digital I/O Pins | 14 (of which 6 provide PWM output) |
| PWM Digital I/O Pins | 6 |
| Analog Input Pins | 6 |
| DC Current per I/O Pin | 20 mA |
| DC Current for 3.3V Pin | 50 mA |
| Flash Memory | 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader |
| SRAM | 2 KB (ATmega328P) |
| EEPROM | 1 KB (ATmega328P) |
| Clock Speed | 16 MHz |
| Length | 68.6 mm |
| Width | 53.4 mm |
| Weight | 25 g |

Gambar 5. 9 Spesifikasi Arduino UNO R3



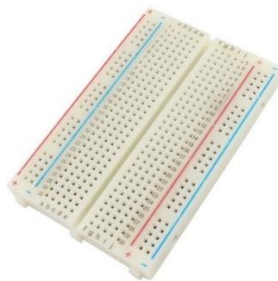
Gambar 5. 10 Adaptor 12 Volt



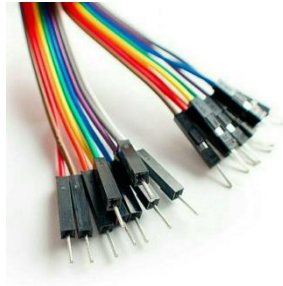
Gambar 5. 11 Servo 1501 MG

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Size: | 40.7 x 20.5 x 39.5 mm |
| Weight: | 60 g |
| Digital?: | N |
| Speed @ 6V: | 0.14 sec/60° |
| Stall torque @ 6V: | 17 kg-cm |
| Speed @ 4.8V: | 0.16 sec/60° |
| Stall torque @ 4.8V: | 15.5 kg-cm |
| Hardware included?: | Y |
| Lead length: | 10 in |

Gambar 5. 12 Spesifikasi Motor Servo 1501 MG



Gambar 5. 13 Breadboard mini



Gambar 5. 14 Kabel Jumper



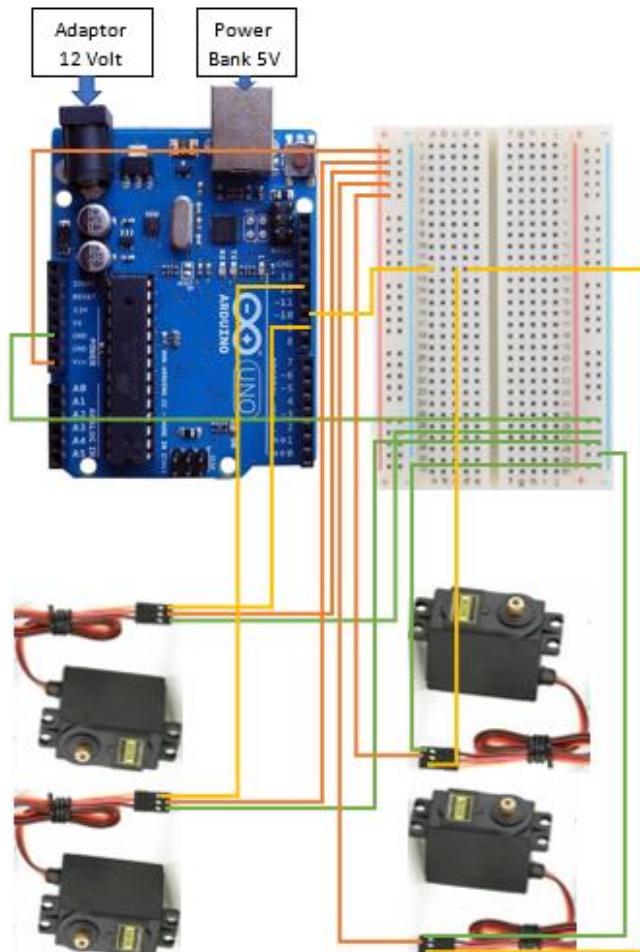
Gambar 5. 15 Servo SG90

Specifications

- Weight: 9 g
- Dimension: 22.2 x 11.8 x 31 mm approx.
- Stall torque: 1.8 kgf-cm
- Operating speed: 0.1 s/60 degree
- Operating voltage: 4.8 V (~5V)
- Dead band width: 10 μ s
- Temperature range: 0 °C – 55 °C

Gambar 5. 16 Spesifikasi motor servo SG90

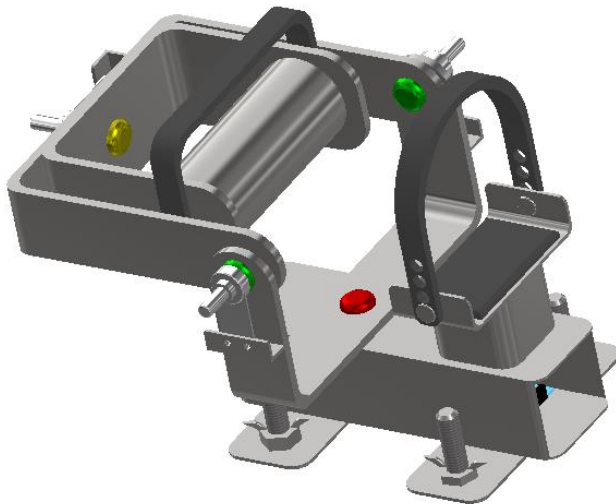
Perakitan dimulai dari memasang 1 servo SG90, 1 servo DS3225 dan 2 servo 1501 MG pada setiap pin yang sudah tersedia. Setelah itu menyambungkan kabel jumper dari masing-masing servo pada Arduino. Untuk rangkaiannya dapat dilihat pada gambar 5.17.



Gambar 5. 17 Rangkaian Arduino dan Motor Servo

Setelah dirangkai seperti pada Gambar 5.17, selanjutnya pembuatan program untuk Arduino tersebut. Dengan menggunakan software Arduino IDE, program dibuat dan diunggah ke Arduino. Untuk program yang diunggah dapat dilihat pada Lampiran 1.

Program yang sudah dibuat melalui software Arduino IDE tersebut berfungsi untuk menjalankan motor servo sesuai dengan porsi latihan. Tentu saja program ini dapat diatur ulang (*adjustable*) sesuai dengan kekuatan pergelangan tangan masing-masing pasien. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Irvananda, 2019, dimana batas sudut putar yang diperbolehkan pada gerakan fleksi adalah $89,4^{\circ}$ dan batas sudut putar ekstensi adalah $89,3^{\circ}$. Sedangkan batas sudut putar gerakan abduksi adalah $34,3^{\circ}$ dan batas sudut putar adduksi adalah $89,6^{\circ}$. Maka dari itu batas-batas dari penelitian ini yang dimasukkan pada program.



Gambar 5. 18 Peletakan potensiometer

Program ini dimulai dari kalibrasi sudut putar pergelangan tangan dari pasien dengan bantuan potensiometer. Untuk rancangan potensiometer pada Alat Rehabilitasi Pergelangan tangan dapat dilihat pada Gambar 5.18. Peletakan potensio persis pada letak setiap servo. Jadi sebelum alat rehabilitasi memulai proses terapi, potensio dipasang terlebih dahulu untuk kalibrasi sudut putar. Setelah mendapatkan data kalibrasi, data disimpan pada mikrokontroler Arduino, dilanjutkan dengan melepaskan semua potensiometer kemudian diganti dengan motor servo, lalu ditekan saklar untuk memulai gerakan motor servo. Secara otomatis servo akan berputar sesuai dengan sudut putar dari hasil kalibrasi tersebut. Motor servo yang berputar pertama adalah Servo A, kemudian Servo C, baru dilanjutkan Servo B. Hal ini berlangsung selama 5x.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rancangan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan memiliki kriteria sebagai berikut :
 - a. Alat ini memiliki dimensi panjang 350,459 mm, lebar 216 mm, tinggi 167,632 mm, dan berat 5,624 kg
 - b. Nilai RULA yang didapatkan pada posisi tangan menengadah kebawah adalah 3. Sedangkan nilai RULA yang didapatkan pada posisi tangan tegak adalah 3. Yang berarti desain Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan Pasien Pasca Stroke masih **nyaman** untuk digunakan.
 - c. Dengan bantuan software Autodesk Inventor Professional 2020 pada pasien dengan massa 100 kg, didapat tegangan yang terjadi sebesar 3063,197 psi pada bagian yang paling kritis - *handgrip*, sedangkan tegangan yang diijinkan dari material Alumunium 6061 adalah 8000 psi, sehingga material **aman** digunakan.
 - d. Proses pemesinan yang akan dilakukan pada alat rehabilitasi pergelangan tangan sebagian besar meliputi proses *bending*, *drilling*, dan *grinding*.
2. Dengan bantuan program Arduino IDE, didapatkan program pada Arduino UNO untuk menggerakkan motor servo serta didapatkan porsi latihan untuk menggerakkan pergelangan tangan secara fleksi / ekstensi, abduksi / adduksi, serta pronasi / supinasi. Program yang digunakan *adjustable*, sehingga mudah untuk disesuaikan dengan kekuatan pergelangan tangan masing-masing pasien.

6.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dalam penelitian selanjutnya, yaitu :

1. Desain untuk perakitan seharusnya dibuat base sendiri pada motor servo, agar bisa digunakan secara manual.
2. Untuk meringankan Alat Rehabilitasi Pergelangan Tangan, maka dapat digunakan material plastik dengan proses 3D *printing*, misalnya dengan material PolyPropilene.
3. Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk beberapa bidang, diantaranya adalah manufaktur, Analisa *control*, dan pengujian alat.

Daftar Pustaka

- Willy, Tjin. 2018. *Pengertian Stroke* [Daring]. Tersedia dalam <https://www.alodokter.com/stroke#:~:text=Stroke%20adalah%20kondisi%20yang%20terjadi,sebagian%20area%20otak%20akan%20mati.> [Diakses pada 8 Mei 2020].
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia. 2019. *Hari Stroke Sedunia 2019 : Otak Sehat, SDM Unggul* [Daring]. Tersedia dalam [http://p2ptm.kemkes.go.id/artikel-sehat/hari-stroke-sedunia-2019-otak-sehat-sdm-unggul.](http://p2ptm.kemkes.go.id/artikel-sehat/hari-stroke-sedunia-2019-otak-sehat-sdm-unggul) [Diakses pada 8 Mei 2020].
- Adrian, Kevin. 2018. *Apa yang dimaksud dengan Fisioterapi?* [Daring]. Tersedia dalam <https://www.alodokter.com/apa-yang-dimaksud-dengan-fisioterapi#:~:text=Fisioterapi%20adalah%20proses%20merehabilitasi%20seseorang,tubuh%20akibat%20cedera%20atau%20penyakit.> [Diakses pada 9 Mei 2020].
- Meden Inmed. 2019. *Wrist Joint Rehabilitation Device Pictor* [Daring]. Tersedia dalam [https://meden.com.pl/offer/limb-dysfunction-therapy/175-wrist-joint-rehabilitation-device-pictor.html.](https://meden.com.pl/offer/limb-dysfunction-therapy/175-wrist-joint-rehabilitation-device-pictor.html) [Diakses pada 11 Mei 2020].
- World Health Organization. 2019. *Rehabilitation*. Tersedia dalam [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/rehabilitation.](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/rehabilitation) [Diakses pada 11 Mei 2020].
- Lahudin, Muhlisol. 2017. *Asuhan Keperawatan Lansia Pasca Stroke Dengan Hambatan Mobilitas Fisik di Panti Werdha Majapahit Mojokerto*. Mojokerto : Studi Kasus D3 Keperawatan Politeknik Kesehatan Majapahit
- Saebo. 2018. *Product Manual Saeboflex* [PDF Daring]. Tersedia dalam <https://www.saebo.com/wp->

content/uploads/2018/06/product-manual-saeboflex.pdf.
[Diakses pada 14 Mei 2020]

Arduino. T.t. *What is Arduino?* [Daring]. Tersedia dalam <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>. [Diakses pada 14 Mei 2020]

Dermanto, Trikueni. *Pengertian Motor Servo* [Daring]. Tersedia dalam <http://trikueni-desain-sistem.blogspot.com/2014/03/Pengertian-Motor-Servo.html>. [Diakses pada 14 Mei 2020].

Aaron D., Deutschman, Walter J.Michels dan Charles E Wilson, *Machine Design*, Macmillan Publishing Co.Inc: New York.

McAtamney, L. and Corlett, E.N. 1993. *RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. *Applied Ergonomics*, 24 (2), 91-99

Kroemer-Elbert. 2001. *Ergonomics : How to Design for Ease and Efficiency, second edition. Page 75*.

Irvananda, Kristiyanti Abri. 2019. *Wrist Rehabilitation Robot Using IMU Sensor*. Madiun : Studi Kasus Jurusan Teknik Komputer Kontrol Politeknik Negeri Madiun.

Prok, Winona. 2016. *Pengaruh Latihan Gerak Aktif Menggenggam Bola Pada Pasien Stroke Diukur dengan Handgrip Dynamometer*. Manado : Kandidat Skripsi Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi.

Lampiran 1

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo servoA;
```

```
Servo servoC;
```

```
Servo servoB1;
```

```
Servo servoB2;
```

```
int i=0;
```

```
void setup() {
```

```
  //Pengenalan mode pin 1 ~ 4 servo,  
  A0 ~ A3 Potensio, A4 Tombol
```

```
  pinMode(1,OUTPUT);
```

```
  pinMode(2,OUTPUT);
```

```
  pinMode(3,OUTPUT);
```

```
  pinMode(4,OUTPUT);
```

```
  pinMode(A0,INPUT);
```

```
  pinMode(A1,INPUT);
```

```
  pinMode(A2,INPUT);
```

```
  pinMode(A3,INPUT);
```

```
  pinMode(A4,INPUT);
```

```
  //Pengenalan pin servo
```

```
  servoA.attach(1);
```

```
  servoC.attach(2);
```

```
  servoB1.attach(3);
```

```
  servoB2.attach(4);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  //Nilai Kecepatan
```

```
  int kecepatan=15;
```

```
  //batas pengulangan
```

```
  int imax=5;
```

```
  //Baca Potensio 1~4
```

```
  int P1=analogRead(A0);
```

```
  P1=map(P1,0,1023,0,120);
```

```
  int P2=analogRead(A1);
```

```
  P2=map(P2,0,1023,0,120);
```

```
  int P3=analogRead(A2);
```

```
  P3=map(P3,0,1023,0,120);
```

```
  int P4=analogRead(A3);
```

```
  P4=map(P4,0,1023,0,120);
```

```

//Baca Tombol
int tombol=analogRead(A4);

if (i==5){
  delay (1000000);
}

if (tombol>=512){
  //Servo A
  int pos=0;
  for (pos=0;pos<=P1; pos += 1) {
    servoA.write(pos);
    delay(kecepatan);
  }
  for (pos=P1;pos>=0; pos -= 1) {
    servoA.write(pos);
    delay(kecepatan);
  }

  //Servo C
  pos=0;
  for (pos=0;pos<=P2; pos += 1) {
    servoC.write(pos);
    delay(kecepatan);
  }

  for (pos=P2;pos>=0; pos -= 1) {
    servoC.write(pos);
    delay(kecepatan);
  }

  //Servo Ganda
  pos=0;
  int ganda=(P3+P4)/2;
  for (pos=0;pos<=ganda; pos +=
1) {
    servoB1.write(pos);
    servoB2.write(ganda-pos);
    delay(kecepatan);
  }
  for (pos=ganda;pos>=0; pos -= 1)
  {
    servoB1.write(ganda-pos);
    servoB2.write(pos);
    delay(kecepatan);
  }

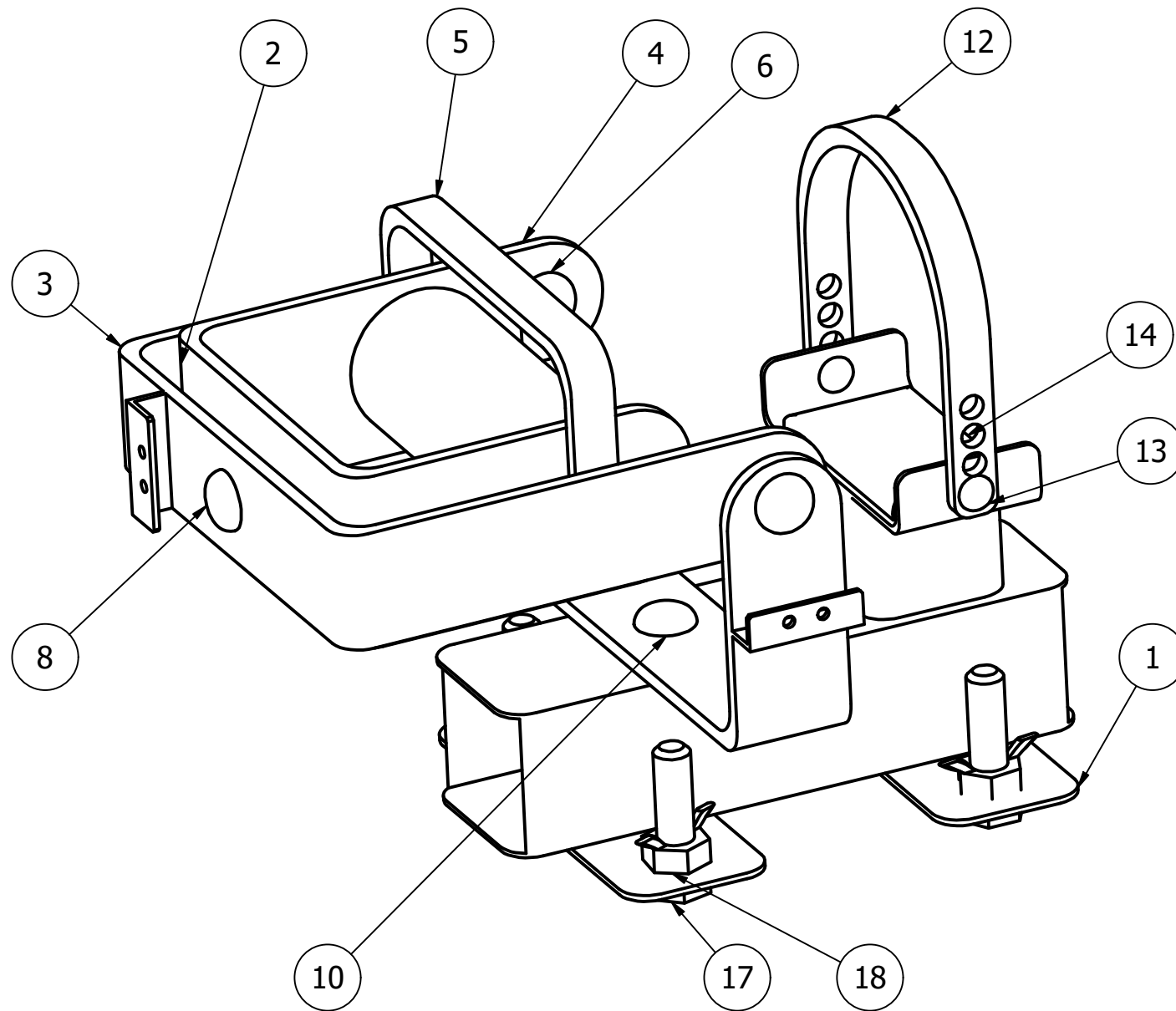
  i=i+1;
}
}

```

BIOGRAFI PENULIS



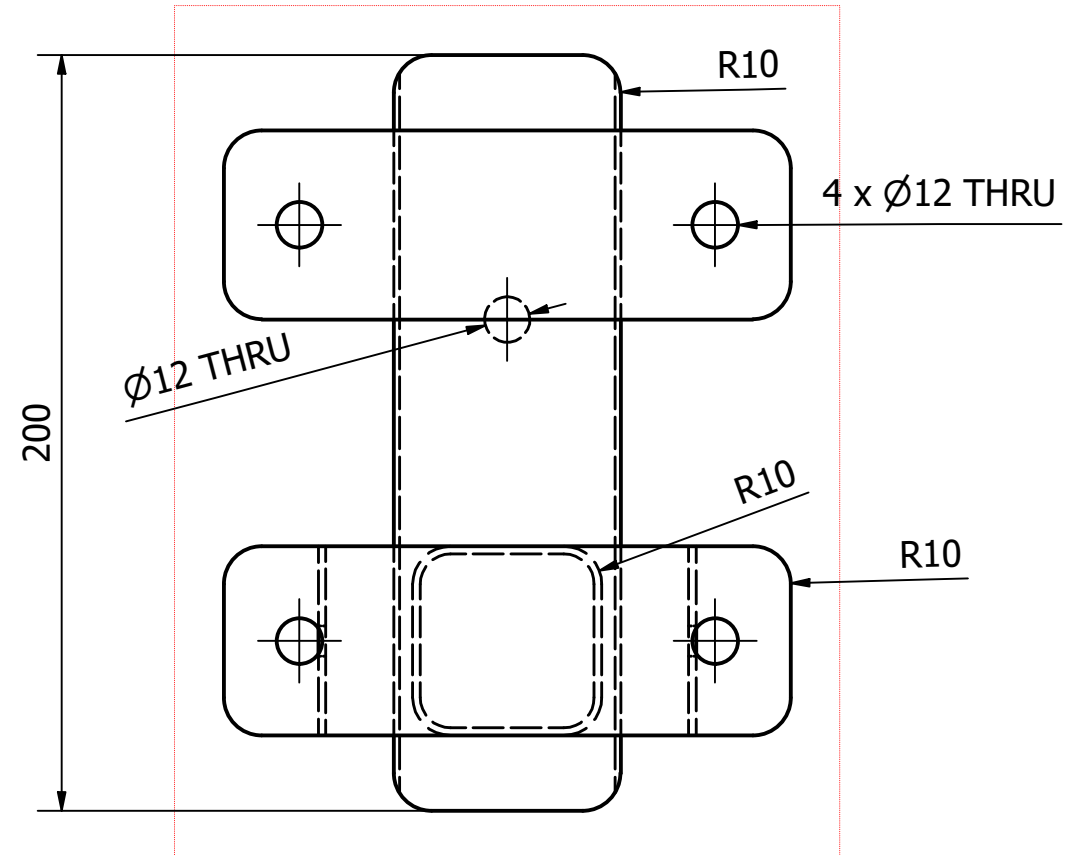
Lukman Yassir Amali, lahir pada 15 Maret 1995 di kota Sidoarjo, merupakan anak ketiga dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Raudhatul Jannah Sidoarjo, SD Negeri Pepelegi I Sidoarjo, SMP Ulul Albab Sidoarjo, SMA Negeri 18 Surabaya, selanjutnya penulis masuk menjadi mahasiswa program sarjana Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya angkatan 2013, dan terdaftar dengan NRP. 02111340000105. Selama menjalani masa perkuliahan, penulis juga aktif terlibat dalam kegiatan kemahasiswaan seperti asisten pada Laboratorium Rekayasa Manufaktur. Penulis juga pernah melakukan kerja praktik di PT. Pembangkit Jawa Bali UP Paiton. Penulis pada akhir masa perkuliahan memilih mengerjakan tugas akhir pada Laboratorium Rekayasa Manufaktur.



ASSEMBLY

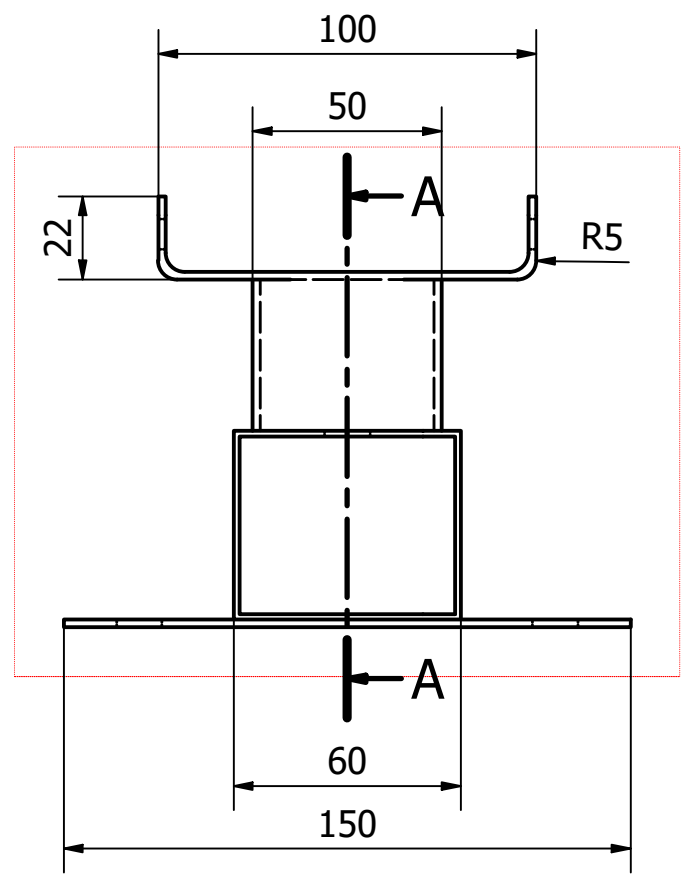
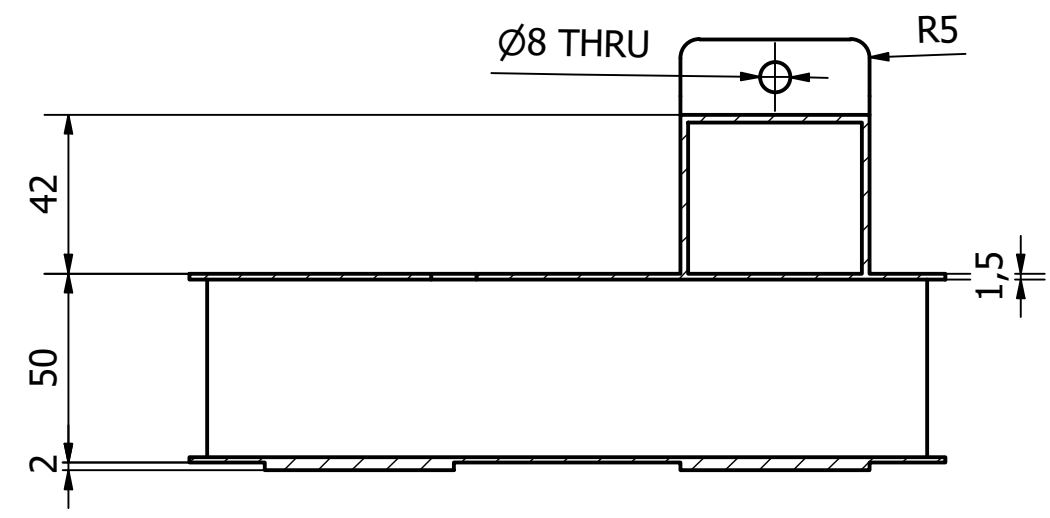
| PARTS LIST | | | |
|------------|-----|--------------------|---------------------|
| ITEM | QTY | PART NUMBER | DESCRIPTION |
| 1 | 1 | Base Plate | AISI Alumunium 6061 |
| 2 | 1 | Handgrip | AISI Alumunium 6061 |
| 3 | 1 | Second rotary | AISI Alumunium 6061 |
| 4 | 1 | Third rotary | AISI Alumunium 6061 |
| 5 | 1 | Perekat | |
| 6 | 2 | Pin | |
| 7 | 2 | Pin Seal | |
| 8 | 1 | Pin depan | |
| 9 | 1 | Pin seal depan | |
| 10 | 1 | Pin bawah | |
| 11 | 1 | Pin Handgrip | |
| 12 | 1 | Perekat lengan | |
| 13 | 2 | Pin perekat lengan | |
| 14 | 1 | Bantalan lengan | |
| 15 | 3 | Motor servo_MIR | |
| 16 | 1 | Motor servo | |
| 17 | 4 | Bolt 12mm | |
| 18 | 4 | Nut M12 | |

| | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------|
| Toleransi ISO | | | |
| | SKALA : 1 : 2 | DIGAMBAR : Lukman Y. A. | PERINGATAN : |
| | UKURAN : mm | NRP : 021113 40000 105 | |
| | TANGGAL: 30 Jul | DILIHAT: Prof I Made Londen | |
| TEKNIK MESIN ITS | TUGAS AKHIR : COMPONENT | NO. 01 | A3 |

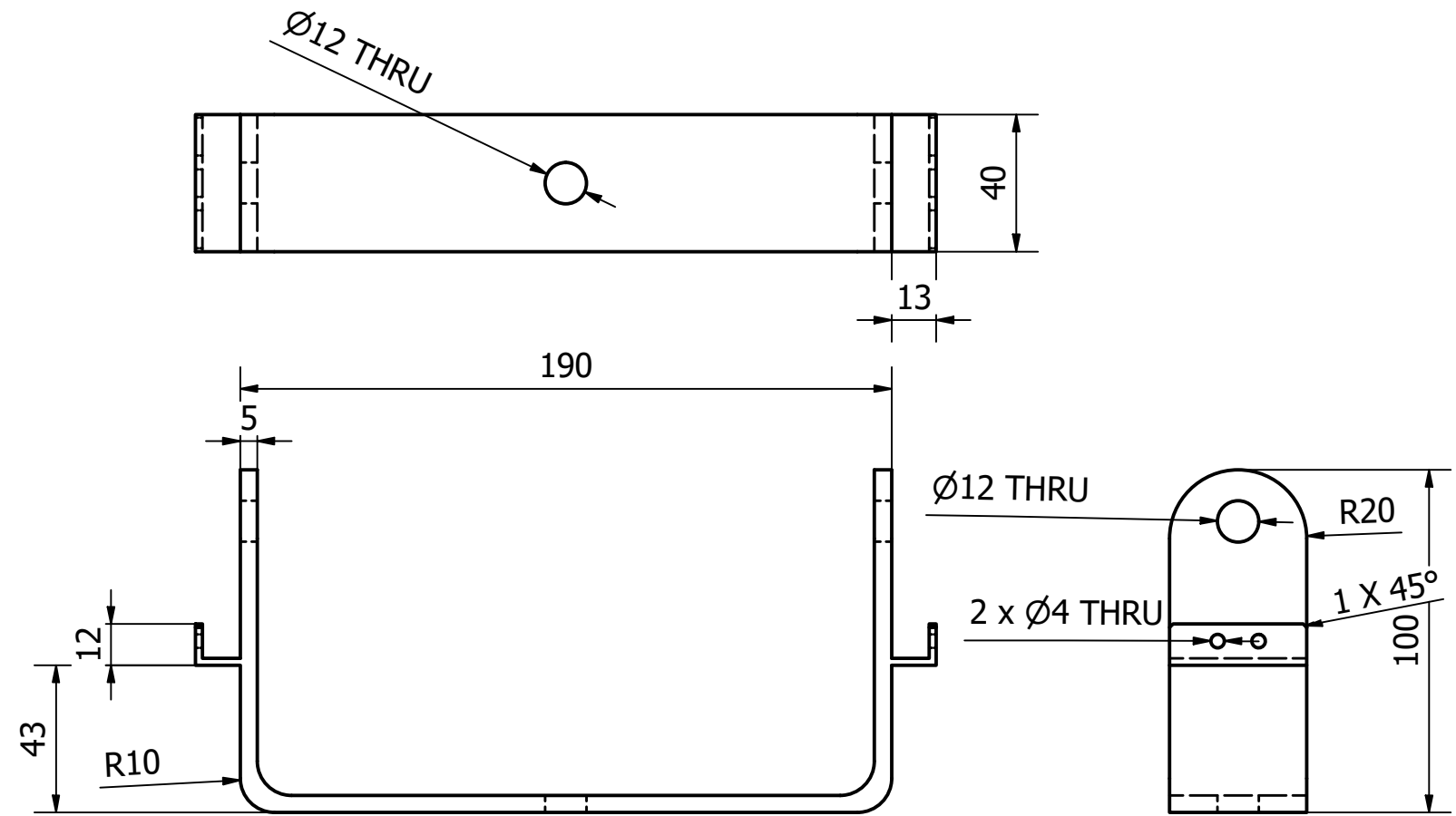
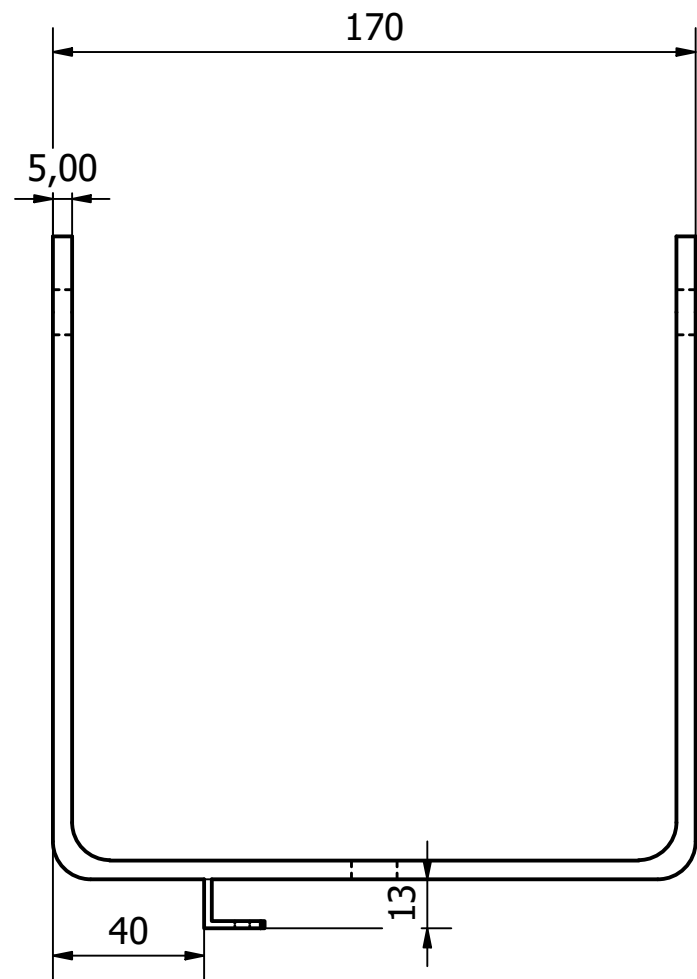


BASE PLATE

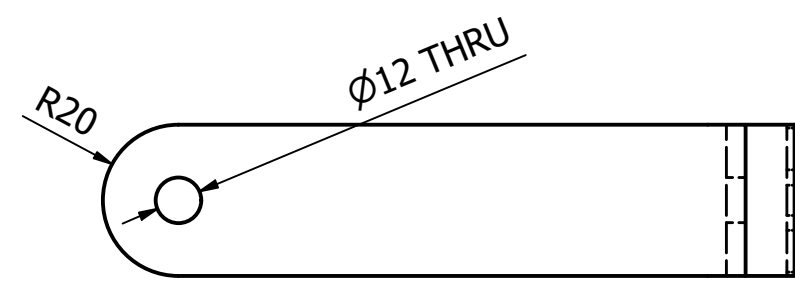
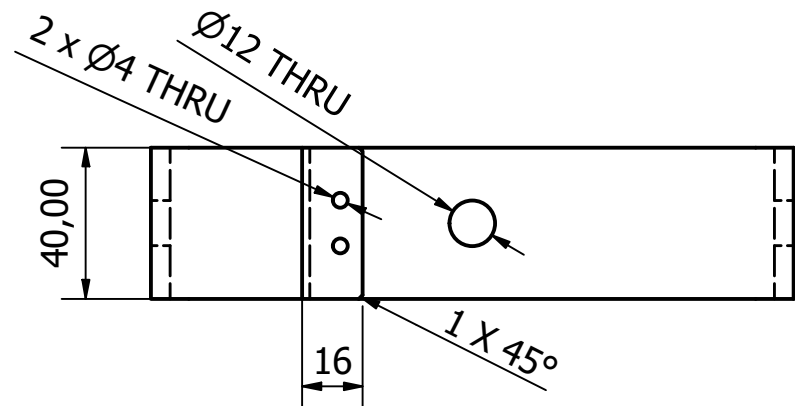
Potongan A-A (1 : 2)



| | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------|
| | Toleransi ISO | | |
| | SKALA : 1 : 2 | DIGAMBAR : Lukman Y. A. | PERINGATAN : |
| | UKURAN : mm | NRP : 021113 40000 105 | |
| | TANGGAL: 30 Jul | DILIHAT: Prof I Made Londer | |
| TEKNIK MESIN ITS | TUGAS AKHIR : COMPONENT | | NO. 02 A3 |

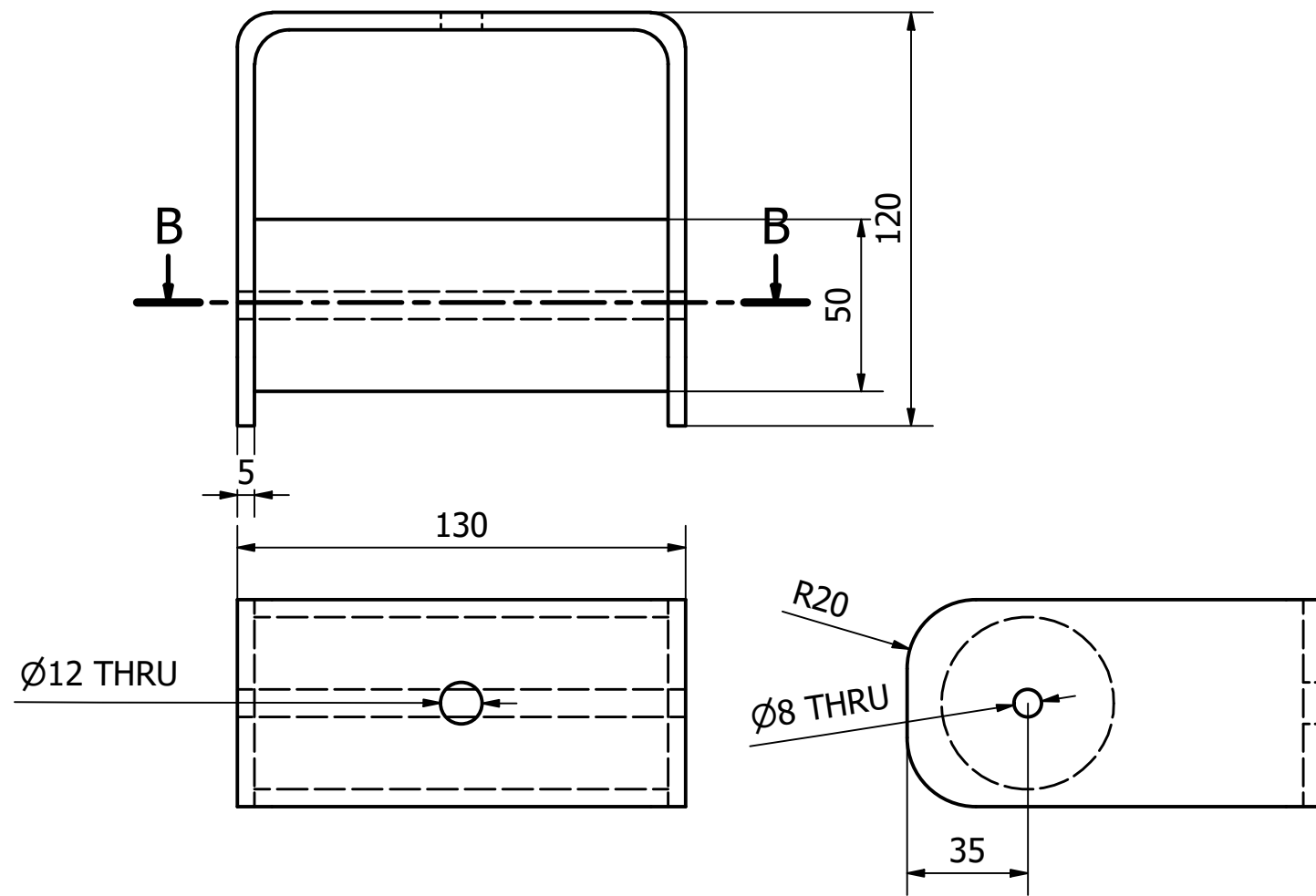


Second Rotary

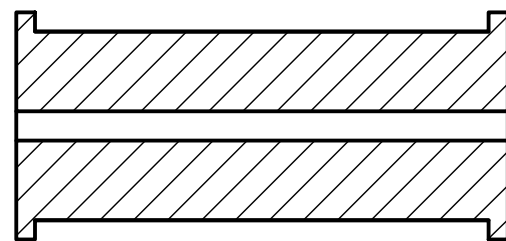


Third Rotary

| | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------|
| | Toleransi ISO | | |
| | SKALA : 1 : 2 | DIGAMBAR : Lukman Y. A. | PERINGATAN : |
| | UKURAN : mm | NRP : 021113 40000 105 | |
| | TANGGAL: 30 Jul | DILIHAT: Prof I Made Londer | |
| TEKNIK MESIN ITS | TUGAS AKHIR : COMPONENT | | NO. 03 A3 |

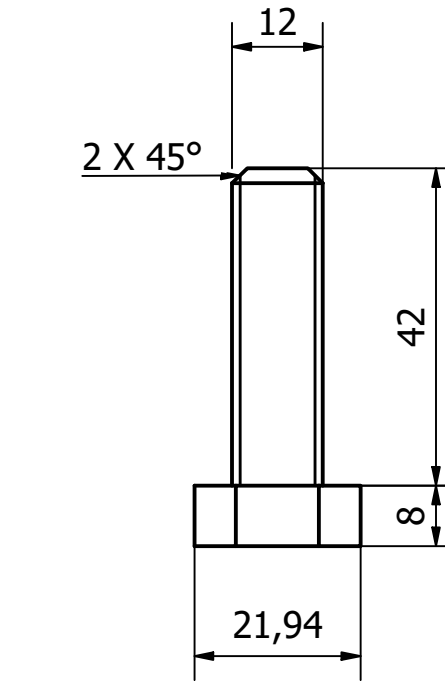


Potongan B-B (1 : 2)



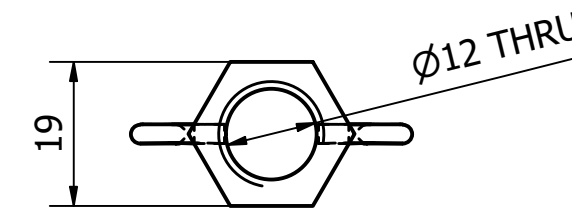
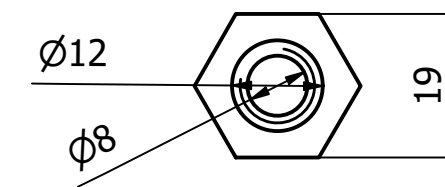
Handgrip

SKALA 1 : 2



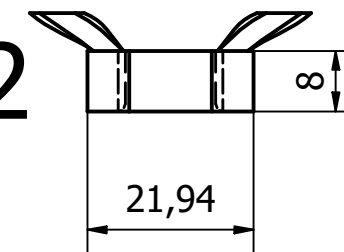
BOLT M12

SKALA 1 : 1



WINGNUT M12

SKALA 1 : 1



| | | | |
|------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------|
| | Toleransi ISO | | |
| | SKALA : _____ | DIGAMBAR : Lukman Y. A. | PERINGATAN : |
| | UKURAN : mm | NRP : 021113 40000 105 | |
| | TANGGAL: 30 Jul | DILIHAT: Prof I Made Londer | |
| TEKNIK MESIN ITS | TUGAS AKHIR : COMPONENT | | NO. 04 A3 |