

**TUGAS AKHIR (TM-184835)**

**PERANCANGAN SEPEDA STASIONER BAGI  
PASIEN PASCA STROKE DENGAN MEKANISME  
PERUBAHAN BEBAN KAYUH PENGENDARA**

**Reynaldi Yanuarizky**

**NRP. 02111740000036**

**Dosen Pembimbing**

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

**NIP. 195811061986011001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya**

**2022**



**TUGAS AKHIR - TM 184835**

**PERANCANGAN SEPEDA STASIONER BAGI PASIEN  
PASCA STROKE DENGAN MEKANISME PERUBAHAN  
BEBAN KAYUH PENGENDARA**

**Reynaldi Yanuarizky**

**NRP. 0211174000036**

**Dosen Pembimbing**

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

**NIP. 195811061986011001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2022**



**FINAL PROJECT - TM 184835**

# **DESIGN OF STATIONARY BICYCLE FOR POST STROKE PATIENTS WITH THE MECHANISM OF CHANGING THE RIDER'S PADDLE LOAD**

**Reynaldi Yanuarizky**

**NRP. 02111740000036**

**Advisor**

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

**NIP. 195811061986011001**

**MECHANICAL ENGINEERING**

Department of Mechanical Engineering

Faculty of Industrial Technology and System Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

## LEMBAR PENGESAHAN

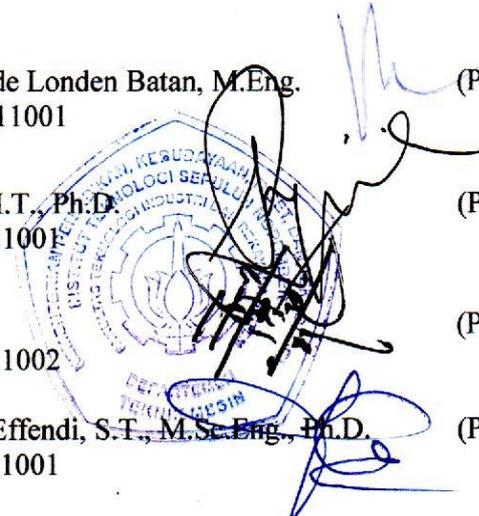
### PERANCANGAN SEPEDA STASIONER BAGI PASIEN PASCA STROKE DENGAN MEKANISME PERUBAHAN BEBAN KAYUH PENGENDARA

#### 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: **Reynaldi Yanuarizky**  
NRP. 0211174000036

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. (Pembimbing)  
NIP. 195811061986011001
  2. Arif Wahjudi, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 1)  
NIP 197303222001121001
  3. Ir. Sampurno, M.T. (Penguji 2)  
NIP 196504041989031002
  4. Mohammad Khoirul Effendi, S.T., M.Sc. Eng., Ph.D. (Penguji 3)  
NIP 198204142010121001
- 

Surabaya

Juli,2022

## APPROVAL SHEET

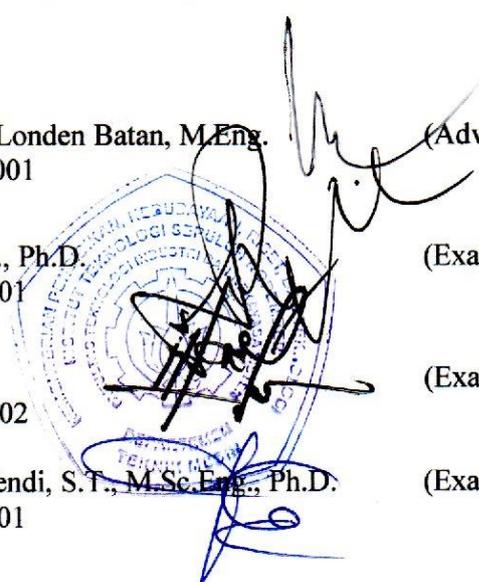
### DESIGN OF STATIONARY BICYCLE FOR POST STROKE PATIENTS WITH THE MECHANISM OF CHANGING THE RIDER'S PADDLE LOAD

#### FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements  
for obtaining a degree Bachelor of Engineering at  
Undergraduate Study Program of Mechanical Engineering  
Department of Mechanical Engineering  
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **Reynaldi Yanuarizky**  
NRP. 0211174000036

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. (Advisor)  
NIP. 195811061986011001
  2. Arif Wahjudi, S.T., M.T., Ph.D. (Examiner 1)  
NIP 197303222001121001
  3. Ir. Sampurno, M.T. (Examiner 2)  
NIP 196504041989031002
  4. Mohammad Khoirul Effendi, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D. (Examiner 3)  
NIP 198204142010121001
- 

Surabaya

July, 2022

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Reynaldi Yanuarizky / 0211174000036  
Departemen : Teknik Mesin  
Dosen Pembimbing / NIP : Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng./  
195811061986011001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Perancangan Sepeda Stasioner Bagi Pasien Pasca Stroke Dengan Mekanisme Perubahan Beban Kayuh Pengendara” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah. Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 27 Juli 2022

Mengetahui,

Dosen Pembimbing

Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng  
NIP. 195811061986011001

Mahasiswa,

Reynaldi Yanuarizky  
NRP. 0211174000036

## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of Student / NRP : Reynaldi Yanuarizky / 0211174000036  
Department : Mechanical Engineering  
Supervisor / NIP : Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng./  
195811061986011001

hereby declare that the Final Project with the title of "Design Of Stationary Bicycle For Post Stroke Patients With The Mechanism Of Changing The Rider's Paddle Load" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, July 27 2022

Acknowledged,

Supervisor



Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng  
NIP. 195811061986011001

Student,

Reynaldi Yanuarizky  
NRP. 0211174000036

## PERANCANGAN SEPEDA STASIONER BAGI PASIEN PASCA STROKE DENGAN MEKANISME PERUBAHAN BEBAN KAYUH PENGENDARA

**Nama Mahasiswa/ NRP** : Reynaldi Yanuarizky/02111740000036  
**Departemen** : Teknik Mesin  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr-Ing.Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.

### Abstrak

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. Kondisi ini menyebabkan bagian tubuh yang dikendalikan oleh area otak yang rusak tidak dapat berfungsi dengan baik. Melihat dampak yang ditimbulkan maka dirancanglah alat rehabilitasi yaitu sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke.

Langkah dalam melakukan pengembangan terhadap sepeda pasca stroke adalah dengan melakukan studi literatur untuk mengetahui dasar dasar dalam melakukan perancangan sepeda stasioner, lalu melakukan kajian terhadap produk eksisting, dimana produk eksisting yang di kaji adalah spinning bike yang umum di pasaran. Setelah itu, dibuatlah desain konsep sepeda stasioner dengan mekanisme perubahan beban kayuh yang baru sesuai dengan *List of Requirement* yang sudah dibuat.

Desain yang telah terbentuk dilakukan analisa, mulai dari analisa rangka melalui *Software*, tegangan maksimum *Von Misses* terjadi pada pada pipa tempat duduk sebesar 11,6 Mpa. Nilai *safety factor* 12,97 dan nilai defleksi maksimum yaitu 0,18 mm. Tiga konsep beban kayuh yang dianalisa didapat bahwa mekanisme beban kayuh dengan sepatu rem adalah konsep yang lebih ringan karena torsi maksimum yang dihasilkan oleh beban kayuh masih dapat digunakan oleh pasien pasca stroke. Dari penelitian ini diharapkan sepeda roda tiga pasca stroke ini dapat digunakan untuk membantu proses rehabilitasi pasien pasca stroke.

**Kata kunci** : *stasioner, upright, resistance, perancangan, beban kayuh*

# **DESIGN OF STATIONARY BICYCLE FOR POST STROKE PATIENTS WITH THE MECHANISM OF CHANGING THE RIDER'S PADDLE LOAD**

**Student Name/NRP : Reynaldi Yanuarizky/02111740000036**  
**Department : Mechanical Engineering**  
**Advisor : Prof. Dr-Ing.Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.**

## **Abstrak**

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). Without blood, the brain will not get oxygen and nutrients, so cells in some areas of the brain will die. This condition causes the body parts controlled by the damaged area of the brain to not function properly. Seeing the impact, a rehabilitation tool was designed, namely a stationary bicycle for post-stroke patients.

The step in developing a post-stroke bicycle is to conduct a literature study to find out the basics in designing a stationary bicycle, then conduct a study of the existing product, where the existing product being studied is a spinning bike which is common in the market. After that, a stationary bicycle concept design was made with a new pedal load changing mechanism in accordance with the List of Requirements that had been made.

The design that has been formed is analyzed, starting from the analysis of the frame through the software, the maximum Von Misses stress occurs in the seat pipe of 11.6 Mpa. The safety factor value is 12.97 and the maximum deflection value is 0.18 mm. Three concepts of pedaling load were analyzed, it was found that the pedal load mechanism with brake shoes is a lighter concept because the maximum torque generated by the pedal load can still be used by post-stroke patients. From this research, it is hoped that this post-stroke tricycle can be used to assist the rehabilitation process of post-stroke patients.

***Keyword : stationer, upright, resistance, design, paddle load***

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, Maha Pengasih, lagi Maha Penyayang, karena atas berkah dan izin-Nya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak terlepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan yang baik ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung baik secara moril maupun materiil dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Loekita Bachtiar Yahya(Alm) dan Chasanatin selaku orang tua penulis yang telah merawat dan mendidik penulis serta senantiasa memberikan dukungan dan doa hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Novyanta Eka Prasetya(Alm), Eva Suryantina Indyastyn, dan Vendhy Christyawan selaku kakak dari penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan doa hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Novita Hapsari dan R. Johan Wahyudi selaku kakak ipar, Zivar, Rayya, Qiana, dan Thawwaf selaku ponakan yang senantiasa memberikan dukungan dan doa hingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
4. Bapak Prof. Dr-Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis yang selalu memberikan saran, arahan, motivasi, dan ilmunya yang sangat bermanfaat kepada penulis. Terima kasih atas dedikasi dan waktu yang telah Bapak berikan.
5. Bapak Arif Wahjudi, S.T., M.T., Ph.D., Bapak Ir. Sampurno, M.T., dan Bapak Mohammad Khoirul Effendi, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D. selaku dosen penguji Tugas Akhir penulis. Terima kasih atas waktu dan saran-saran yang telah diberikan.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Teknik Mesin ITS yang telah mendidik penulis dalam mempelajari ilmu teknik mesin dan juga ilmu kehidupan yang sangat luas.
7. Keluarga M60 yang telah memberi pengalaman dan pembelajaran berharga kepada penulis selama berkuliah di Teknik Mesin ITS yang sama-sama kita cintai.
8. Rekan-rekan Laboratorium P3 Teknik Mesin yang telah membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Rekan-rekan SM yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
10. Rekan-rekan YCI Pulau Jawa 4 yang telah memberikan kepercayaan kepada saya sebagai ketua untuk bersama mempersiapkan pemuda/i dalam menyambut bonus demografi sesuai dengan tujuan organisasi YCI.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, oleh karena itu saran dan masukan dari semua pihak sangat penulis harapkan. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat dan sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 20 Juni 2022

## DAFTAR ISI

Abstrak .....	i
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR TABEL .....	viii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan .....	1
1.4 Batasan Masalah .....	2
1.5 Manfaat .....	2
BAB II DASAR TEORI.....	3
2.1 Sepeda Stasioner .....	3
2.1.1 Sepeda Stasioner Bentuk Upright.....	3
2.1.2 Sepeda Stasioner Bentuk Recumbent .....	4
2.1.3 Sepeda Stasioner Bentuk Spin.....	5
2.1.4 Frictional Resistance/Brake .....	5
2.1.5 Magnetic Resistance .....	6
2.1.6 Air Resistance/Fan.....	6
2.2 Teori Kegagalan.....	7
2.2.1 Teori Tegangan Geser Maksimum (Tresca).....	7
2.2.2 Teori Tegangan Normal Maksimum (Rankine) .....	7
2.2.3 Teori Regangan Normal Maksimum .....	7
2.3 Analisis RULA .....	8
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	12
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	12
3.2 Langkah-langkah Penelitian .....	13
3.2.1 Studi Literatur.....	13
3.2.2 Kajian Produk Eksisting .....	13
3.2.3 Penyusunan Daftar Kebutuhan .....	13
3.2.4 Pembuatan Konsep Rangka Sepeda dan Mekanisme Beban Kayuh .....	14
3.2.5 Pemilihan Konsep.....	14

3.2.6	Analisa RULA .....	14
3.2.7	Perancangan Komponen .....	14
3.2.8	Analisa Kekuatan Material .....	14
3.2.9	Perancangan Manufaktur Komponen .....	14
3.2.10	Perancangan Perakitan Komponen .....	14
3.2.11	Kesimpulan dan Saran .....	14
<b>BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA DESAIN .....</b>		<b>16</b>
4.1	Daftar Kebutuhan (List of Requirement) .....	16
4.2	Desain Konsep Sepeda Stasioner .....	17
4.2.1	Alternatif desain konsep A .....	17
4.2.2	Alternatif Desain Konsep B .....	18
4.2.3	Alternatif Desain Konsep C .....	20
4.3	Perbandingan Konsep Beban Kayuh dan Produk Eksisting .....	22
4.4	Skoring Pemilihan Konsep .....	23
4.5	Konsep yang Terpilih .....	24
4.6	Analisa RULA .....	25
4.7	Perancangan Rangka Sepeda .....	25
4.8	Sistem transmisi .....	30
4.9	Perancangan Mekanisme Beban Kayuh .....	39
<b>BAB 5 PERANCANGAN PROSES MANUFAKTUR DAN PERAKITAN .....</b>		<b>43</b>
5.1	Perancangan Proses Manufaktur Rangka Sepeda .....	43
5.2	Perancangan Proses Manufaktur Poros .....	46
5.3	Perancangan Perakitan Sepeda Stasioner .....	49
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>52</b>
6.1	Kesimpulan .....	52
6.2	Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>54</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> sepeda stasioner pertama.....	3
<b>Gambar 2.2</b> Upright stationary bike.....	4
<b>Gambar 2.3</b> Recumbent stationary bike.....	4
<b>Gambar 2.4</b> Spin stationary bike.....	5
<b>Gambar 2.5</b> Frictional resistance/brake .....	5
<b>Gambar 2.6</b> Magnetic resistance .....	6
<b>Gambar 2.7</b> Air Resistance/fan .....	6
<b>Gambar 2.8</b> Penentuan nilai RULA untuk grup A [McAtamney, 1993] .....	9
<b>Gambar 2.9</b> Penentuan nilai RULA untuk grup B [McAtamney, 1993] .....	10
<b>Gambar 2.10</b> Skoring untuk RULA [McAtamney, 1993] .....	11
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	12
<b>Gambar 3.2</b> Sepeda stasioner spinning .....	13
<b>Gambar 4.1</b> Alternatif desain konsep A.....	17
<b>Gambar 4.2</b> Mekanisme beban kayuh konsep A .....	18
<b>Gambar 4.3</b> Alternatif desain konsep B .....	19
<b>Gambar 4.4</b> Mekanisme beban kayuh konsep B.....	20
<b>Gambar 4.5</b> Alternatif desain konsep C .....	21
<b>Gambar 4.6</b> Mekanisme beban kayuh konsep C.....	22
<b>Gambar 4.7</b> Alternatif desain konsep terpilih .....	24
<b>Gambar 4.8</b> Analisa RULA sepeda stasioner .....	25
<b>Gambar 4.9</b> Dimensi rangka sepeda .....	26
<b>Gambar 4.10</b> Gaya pada rangka sepeda .....	27
<b>Gambar 4.11</b> Analisa kekuatan material rangka sepeda .....	29
<b>Gambar 4.12</b> Analisa defleksi rangka sepeda .....	30
<b>Gambar 4.13</b> Freebody diagram poros.....	32
<b>Gambar 4.14</b> Freebody diagram poros arah vertikal.....	32
<b>Gambar 4.15</b> Freebody diagram poros arah horizontal.....	33
<b>Gambar 4.16</b> diagram momen sepanjang x1.....	33
<b>Gambar 4.17</b> diagram momen sepanjang x2.....	34
<b>Gambar 4.18</b> diagram momen sepanjang X1 .....	34
<b>Gambar 4.19</b> diagram momen sepanjang X2.....	34
<b>Gambar 4.20</b> Shear dan moment diagram horizontal .....	35

<b>Gambar 4.21</b> Shear dan moment diagram vertikal .....	36
<b>Gambar 4.22</b> Desain poros beserta dimensinya .....	38
<b>Gambar 4.23</b> Analisa kekuatan material poros .....	38
<b>Gambar 4.24</b> Analisa defleksi poros .....	39
<b>Gambar 4.25</b> Analogi gerak plat penggerak .....	40
<b>Gambar 4.26</b> FBD mekanisme beban kayuh .....	40
<b>Gambar 5.1</b> Sub komponen rangka.....	43
<b>Gambar 5.2</b> Dimensi awal poros.....	47
<b>Gambar 5.3</b> Komponen poros .....	47
<b>Gambar 5.4</b> Dimensi awal rumah bearing .....	48
<b>Gambar 5.5</b> Komponen rumah bearing.....	48
<b>Gambar 5.6</b> Diagram perakitan rangka depan .....	50
<b>Gambar 5.7</b> Diagram perakitan rangka belakang.....	50
<b>Gambar 5.8</b> Diagram perakitan rangka sandaran.....	50
<b>Gambar 5.9</b> Diagram alir perakitan sepeda stasioner .....	51

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Tahapan aplikasi metode RULA [McAtamney, 1993].....	8
<b>Tabel 2. 2</b> Tabel RULA Bagian A [McAtamney,1993].....	10
<b>Tabel 2. 3</b> Tabel RULA bagian C [McAtamney, 1993] .....	11
<b>Tabel 2. 4</b> Nilai tingkat resiko cedera [McAtamney, 1993] .....	11
<b>Tabel 4.1</b> Daftar kebutuhan untuk sepeda stasioner .....	16
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan konsep dengan produk eksisting .....	22
<b>Tabel 4.3</b> Skoring Pemilihan Konsep .....	23
<b>Tabel 4.4</b> Tabel Estimasi Setiap Segment Massa Pada Tubuh Manusia .....	26
<b>Tabel 4.5</b> Karakteristik Al 6061 [Smith F. Wiliam, 1994] .....	28
<b>Tabel 4.6</b> Gear ratio crank gear dan gear casette .....	30
<b>Tabel 4.7</b> Torsi pada mekanisme beban kayuh.....	42
<b>Tabel 5.1</b> Nama dan proses permesinan sub-rangka depan .....	43
<b>Tabel 5.2</b> Nama dan proses permesinan sub-rangka belakang .....	45
<b>Tabel 5.3</b> Nama dan proses permesinan sub-rangka sandaran .....	46
<b>Tabel 5.4</b> Nama dan proses pemesinan komponen poros .....	47
<b>Tabel 5.5</b> Nama dan proses pemesinan komponen rumah bearing.....	48
<b>Tabel 5.6</b> Komponen-komponen sepeda stasioner .....	49

# **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. Kondisi ini menyebabkan bagian tubuh yang dikendalikan oleh area otak yang rusak tidak dapat berfungsi dengan baik. Stroke adalah kondisi gawat darurat yang perlu ditangani secepatnya, karena sel otak dapat mati hanya dalam hitungan menit. Tindakan penanganan yang cepat dan tepat dapat meminimalkan tingkat kerusakan otak dan mencegah kemungkinan munculnya komplikasi. Jika sudah terkena stroke, pasien dapat diobati dengan cara melakukan rehabilitasi secara terus menerus. Rehabilitasi dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu khusus seperti sepeda statis, treadmill, terapi outdoor dan lain-lain.

Melihat dampak yang ditimbulkan maka dibuatlah alat rehabilitasi untuk pasien pasca stroke salah satunya adalah sepeda roda tiga. Penelitian terkini tentang sepeda roda tiga dilakukan oleh Kurniawan(2020) tentang sepeda roda tiga dengan dua roda di belakang dan satu didepan agar stabil bagi pasien pasca stroke, menggunakan stang yang panjang dan rangka dengan kedudukan rendah agar memudahkan pasien dalam menggunakan sepeda. Namun kekurangannya adalah pasien yang kelelahan ditengah jalan akan kesusahan untuk kembali pulang karena perlu mengayuh kembali sehingga dibuatlah sepeda roda tiga dengan konsep elektrik oleh Rosadila(2021) sehingga pasien dapat mudah kembali pulang karena dilengkapi motor elektrik dan pengguna hanya perlu mengendalikan menggunakan throttle seperti mengendarai sepeda motor.

Namun, dengan kondisi cuaca di Indonesia terutama kondisi hujan dan juga pandemi covid yang masih ada kegiatan rutin rehabilitasi menggunakan sepeda roda tiga tidak dapat terlaksana sehingga perlu dilakukan kegiatan tersebut dirumah. Kekurangan dari sepeda roda tiga ini juga membutuhkan area yang cukup luas agar dapat dikendarai sehingga kegiatan bersepeda tidak memungkinkan untuk dilakukan didalam rumah. Apabila kegiatan rehabilitasi berhenti dalam waktu cukup lama maka grafik VO2max akan menurun yang menandakan kebugaran pasien menurun dikarenakan tertundanya kegiatan rehabilitasi(Pasaribu, 2021).

Maka dari itu dirancanglah sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke dengan mekanisme perubahan beban kayuh pengendara agar dapat digunakan bagi pasien pasca stroke untuk rehabilitasi di rumah dan dapat ditemukan alternatif mekanisme perubahan beban kayuh yang cocok bagi pasien pasca stroke.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, permasalahan yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

- a. Bagaimana rancangan rangka sepeda stasioner untuk pasien pasca stroke?
- b. Bagaimana rancangan mekanisme perubahan beban kayuh yang dapat diaplikasikan pada rangka sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dalam perancangan sepeda stasioner dengan mekanisme perubahan beban kayuh pengendara sebagai berikut:

- a. Merancang rangka sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke.

- b. Merancang mekanisme perubahan beban kayuh yang dapat diaplikasikan pada rangka sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam perancangan sepeda stasioner dengan mekanisme perubahan beban kayuh pengendara sebagai berikut:

- a. Pengguna sepeda dirancang untuk tinggi antara 150 cm hingga 180 cm (antropometri tubuh manusia Indonesia secara umum).
- b. Beban maksimal untuk sepeda stasioner 100 kg.
- c. Komponen standar tidak dirancang (memakai komponen yang tersedia di pasaran).
- d. Rancangan sepeda dititik beratkan pada perancangan mekanisme pembebanan.
- e. Proses manufaktur dan perakitan dibatasi pada proses pembuatan rangka dan mekanisme beban kayuh.
- f. Analisa kenyamanan dilakukan dengan metode RULA(Rapid Upper Limb Assesment).

#### **1.5 Manfaat**

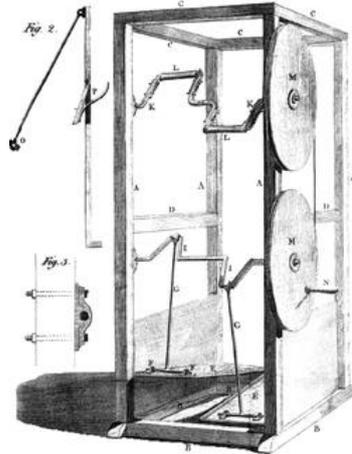
Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah:

- a. Sebagai dasar ilmu pengetahuan terutama dalam perancangan alat bantu kesehatan.
- b. Sebagai dasar pengembangan alat olahraga dan rehabilitasi.

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1 Sepeda Stasioner

Sepeda stasioner pertama ditemukan pada tahun 1796 oleh Francis Lowndes dan disebut Gymnasticon. Dibangun dari kayu dengan bagian logam, sepeda diposisikan secara vertikal dan ada tempat duduk sehingga nyaman saat berolahraga seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. Sepeda ini diciptakan untuk tujuan medis seperti mengobati kelemahan, rematik, kelumpuhan, dll.



**Gambar 2.1** sepeda stasioner pertama

[ [www.fittous.com/history-of-exercise-bike](http://www.fittous.com/history-of-exercise-bike) ,diakses 26 Oktober 2021]

Sepeda stasioner memiliki berbagai macam jenis dan dapat diklasifikasi dari bentuk serta jenis beban kayuh yang digunakan yaitu:

- Bentuk sepeda stasioner
  1. Upright
  2. Recumbent
  3. Spin
- Jenis beban kayuh
  1. Frictional resistance/brake
  2. Magnetic resistance
  3. Air resistance/fan

#### 2.1.1 Sepeda Stasioner Bentuk Upright



**Gambar 2.2** Upright stationary bike

[<https://sunnyhealthfitness.com/products/sunny-health-fitness-programmable-upright-bike-sf-b2883>, diakses 28 Oktober 2021]

Penggunaan tipe upright mirip seperti sepeda biasa dimana posisi tubuh tegap sambil mengayuh. Beban latihan pada tipe ini tergolong ringan sehingga kurang cocok bagi yang menginginkan olahraga berat. Dengan tipe ini bisa melakukan latihan aerobik dalam jangka waktu lama sehingga kaki, perut, dan pinggang bisa menjadi lebih ramping. Sepeda ini juga bisa menyesuaikan posisi pegangan tangan dan dudukan agar lebih nyaman(my-best.id, diakses 28 Oktober 2021).

### **2.1.2 Sepeda Stasioner Bentuk Recumbent**



**Gambar 2.3** Recumbent stationary bike

[<https://www.ubuy.co.id/en/product/9QKQMI-marcy-magnetic-recumbent-bike-with-adjustable-resistance-and-transport-wheels-ns-716r>, diakses 28 Oktober 2021]

Recumbent berarti berbaring. Sesuai artinya, sepeda fitness dapat digunakan dengan posisi tubuh merebah karena memiliki sandaran. Pengguna dapat berlatih dengan posisi berbaring atau setengah berbaring sambil mengayuh pedal sepeda fitness.

Tipe ini sering ditemukan di pusat rehabilitasi karena cara kerjanya yang meringankan tekanan pada pinggang dan lutut. Tidak heran bila tipe ini disarankan untuk mereka yang sering menderita nyeri pada area tersebut. Pengguna yang ingin memperbaiki stamina tubuh dan meningkatkan kinerja jantung cocok dengan tipe ini. Sayangnya, tipe ini berukuran cukup besar

dan memakan lebih banyak tempat dibanding tipe lainnya. Namun, kestabilannya membuatnya ideal untuk orang yang belum terbiasa berolahraga(my-best.id, diakses 28 Oktober 2021).

### 2.1.3 Sepeda Stasioner Bentuk Spin



**Gambar 2.4** Spin stationary bike

[<https://mg.co.id/product/kettler-spin-bike-racer-2/>, diakses 28 oktober 2021]

Tipe spin bike merupakan tipe yang digunakan seperti sport bicycle. Pengguna harus mencondongkan tubuh ke depan saat menggunakannya. Tipe ini memiliki ciri khas roda yang besar dan berat sehingga beban di kaki terasa lebih terasa. Ketahanannya baik sehingga cocok untuk pengguna yang menginginkan latihan berat, seperti HIIT (high-intensity interval training)(my-best.id, diakses 28 Oktober 2021).

### 2.1.4 Frictional Resistance/Brake



**Gambar 2.5** Frictional resistance/brake

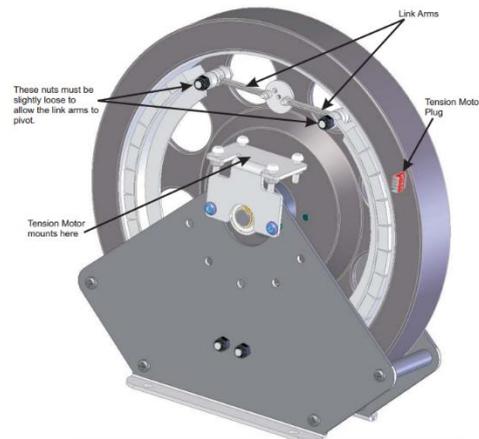
[<https://bikesreviewed.com/indoor/resistance-types/>,diakses 28 oktober 2021]

Bentuk resistensi yang paling umum adalah frictional/gesekan. Jenis ini menggunakan bantalan yang bersentuhan dengan flywheel untuk menambah atau mengurangi hambatan. Bantalan dapat ditempatkan di atas flywheel atau di kedua sisi (dengan cara yang mirip dengan sistem rem caliper), dan resistansi bervariasi menggunakan kenop tegangan.

Kelebihan dari tahanan gesek adalah biaya pembuatannya yang murah. Hal ini menyebabkan harga yang lebih rendah dibandingkan dengan resistensi magnetik. Ketahanan gesekan tetap sama terlepas dari seberapa cepat pengguna mengayuh, sehingga beban kayuh pengguna tidak berubah seiring waktu.

Kekurangan sepeda frictional diantaranya mengeluarkan suara bising saat digunakan karena kontak antara brake pad dan flywheel, brake pad sering diganti karena aus, dan brake pad perlu dilumasi(thehomegym.co.uk diakses 28 Oktober 2021).

### 2.1.5 Magnetic Resistance



**Gambar 2.6** Magnetic resistance

[<https://www.nordictrackfitness.com.au/support/elliptical-resistance-issues-style-c/WhatIsMagneticResistance>, diakses 28 oktober 2021 ]

Jenis ini menggunakan dua magnet ditempatkan di kedua sisi flywheel. Hal ini menyebabkan resistensi yang bervariasi tergantung pada seberapa dekat magnet dengan roda. Beberapa sepeda memiliki kenop untuk menyesuaikan resistansi, sementara yang lain memungkinkan magnet dipindahkan melalui konsol on-board.

Kelebihan dari magnetic resistance adalah magnet tidak pernah menyentuh flywheel sehingga tidak menimbulkan kebisingan. Kurangnya kontak juga mengurangi kebutuhan akan perawatan, karena tidak ada brake pad yang harus diganti dan diberi pelumas. Kekurangan dari magnetic resistance adalah beban kayuh dapat meningkat saat pengguna mengayuh lebih cepat([thehomegym.co.uk](http://thehomegym.co.uk) diakses 28 Oktober 2021).

### 2.1.6 Air Resistance/Fan



**Gambar 2.7** Air Resistance/fan

[<https://www.powermaxfitness.net/different-resistance-in-exercise-bike-bd-118.html>, diakses 28 oktober 2021]

Sepeda yang menggunakan hambatan udara/air resistance memiliki desain yang berbeda dengan magnet atau gesekan. Sepeda ini tidak memiliki flywheel. Prinsipnya menggunakan

hambatan udara yang disebabkan oleh baling-baling kipas untuk meningkatkan beban kayuh. Semakin cepat pengguna mengayuh, semakin banyak resistensi yang diberikan sepeda.

Kelebihan menggunakan sepeda ini adalah biayanya lebih murah dibanding tipe lain karena hanya menggunakan baling-baling kipas sehingga tidak membutuhkan banyak perawatan. Kekurangan sepeda jenis ini memberikan latihan yang melelahkan dengan semakin cepat kayuhan yang dibuat akan memberikan kenaikan beban kayuh pengendara. Sepeda ini juga menimbulkan kebisingan karena baling-baling kipas yang berputar (thehomegym.co.uk diakses 28 Oktober 2021).

## 2.2 Teori Kegagalan

Gagal didefinisikan sebagai ketidak mampuan 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.

### 2.2.1 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.

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

Dengan keterangan:

- $\tau_{max}$  = Tegangan geser *maksimum* desain
- $\tau_{ys}$  = Tegangan geser *yield* desain
- $N$  = Faktor keamanan

### 2.2.2 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 tahanan 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:

- $\sigma_t$  =Tegangan tarik maksimum desain
- $\sigma_c$  =Tegangan tekan maksimum desain
- $S_{ut}$  =Tegangan tarik maksimum desain
- $S_{uc}$  =Tegangan tekan maksimum desain
- $N$  =Faktor keamanan

### 2.2.3 Teori Regangan Normal Maksimum

Teori ini juga dikenal dengan teori kegagalan St. Vernant karena diusulkan pertama kali oleh Barre de St. Vernant (1855). Teori ini menyatakan bahwa material akan gagal ketika

regangan normal maksimum yang terjadi melewati harga limit regangan normal material hasil tes standar. Teori ini umumnya digunakan pada material yang bersifat *brittle*/getas.

### 2.3 Analisis 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 [9], seperti terlihat pada tabel 2.2 berikut:

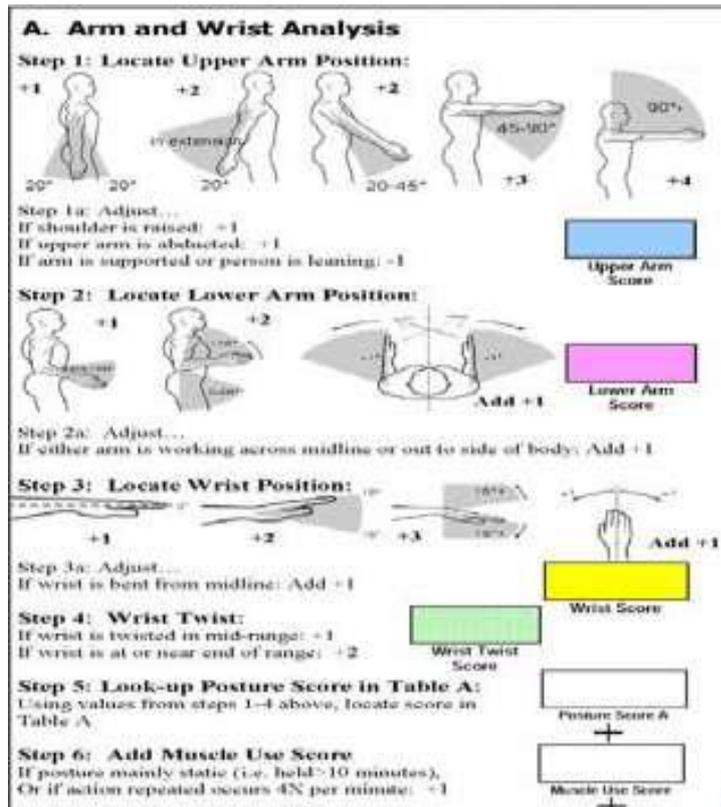
**Tabel 2. 1** Tahapan aplikasi metode RULA [McAtamney, 1993]

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 kejanggalkan atau batasan postur oleh kaki, punggung atau leher yang mungkin saja mempengaruhi postur anggota tubuh bagian atas dapat tercakup dalam penilaian.

1. 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 mempunyai 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 mempunyai nilai yang berbeda, maka pada asesmen diambil nilai tertinggi. gambar 2.10 menjelaskan tentang analisis RULA pada grup A.



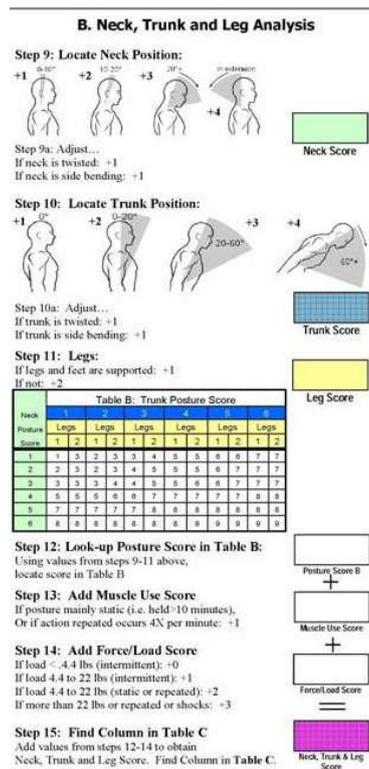
**Gambar 2.8** Penentuan nilai RULA untuk grup A [McAtamney, 1993]

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

- 1 untuk ekstensi 20° dan fleksi 20°
- 2 untuk ekstensi lebih dari 20° atau fleksi antara 20-45°;
- 3 untuk fleksi antara 45-90°;
- 4 untuk fleksi lebih dari 90°.

## 2. Grup B. Bagian Leher, Punggung dan Kaki

Untuk mengevaluasi gerak tubuh pada grup B, analisa risiko cedera tubuh pada grup B tidak dilakukan pada dua bagian sisi tubuh (kiri dan kanan). Hal ini disebabkan, karena bagian tubuh grup B terdiri atas 1 (sebuah) sisi tubuh, yaitu leher, punggung, dan kaki (paha). Kedua kaki diasumsikan sebagai satu kesatuan, sehingga bisa diberi 1 (satu). gambar 2.11 menjelaskan tentang analisis RULA pada grup B.



**Gambar 2.9** Penentuan nilai RULA untuk grup B [McAtamney, 1993]

**Tabel 2. 2** Tabel RULA Bagian A [McAtamney,1993]

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Posture Score						
		1	2	3	4			
		Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist			
1	1	1	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5
	2	3	4	4	4	4	4	5
	3	4	4	4	4	4	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6
5	1	5	5	5	5	5	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9

Sebagai tambahan untuk tabel 2.4, jika leher (*neck*) dipuntir 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 tabel 2.4 dibawah ini:

**Tabel 2. 3** Tabel RULA bagian C [McAtamney, 1993]

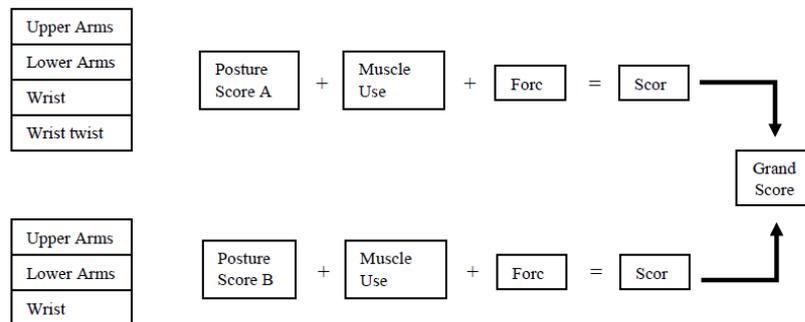
		1	2	3	4	5	6	7+
Wrist and Arm Score	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Hasil nilai akhir RULA memiliki rentang antara 1 hingga 7 yang dijelaskan pada Tabel 2.5 dibawah:

**Tabel 2. 4** Nilai tingkat resiko cedera [McAtamney, 1993]

Skor	Keterangan
<b>1 dan 2</b>	Diterima
<b>3 dan 4</b>	Dibutuhkan investigasi dan perubahan jenis gerakan atau perlu perbaikan desain
<b>5 dan 6</b>	Segera dilakukan investigasi
<b>7</b>	Investigasi dan perubahan harus dilakukan

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

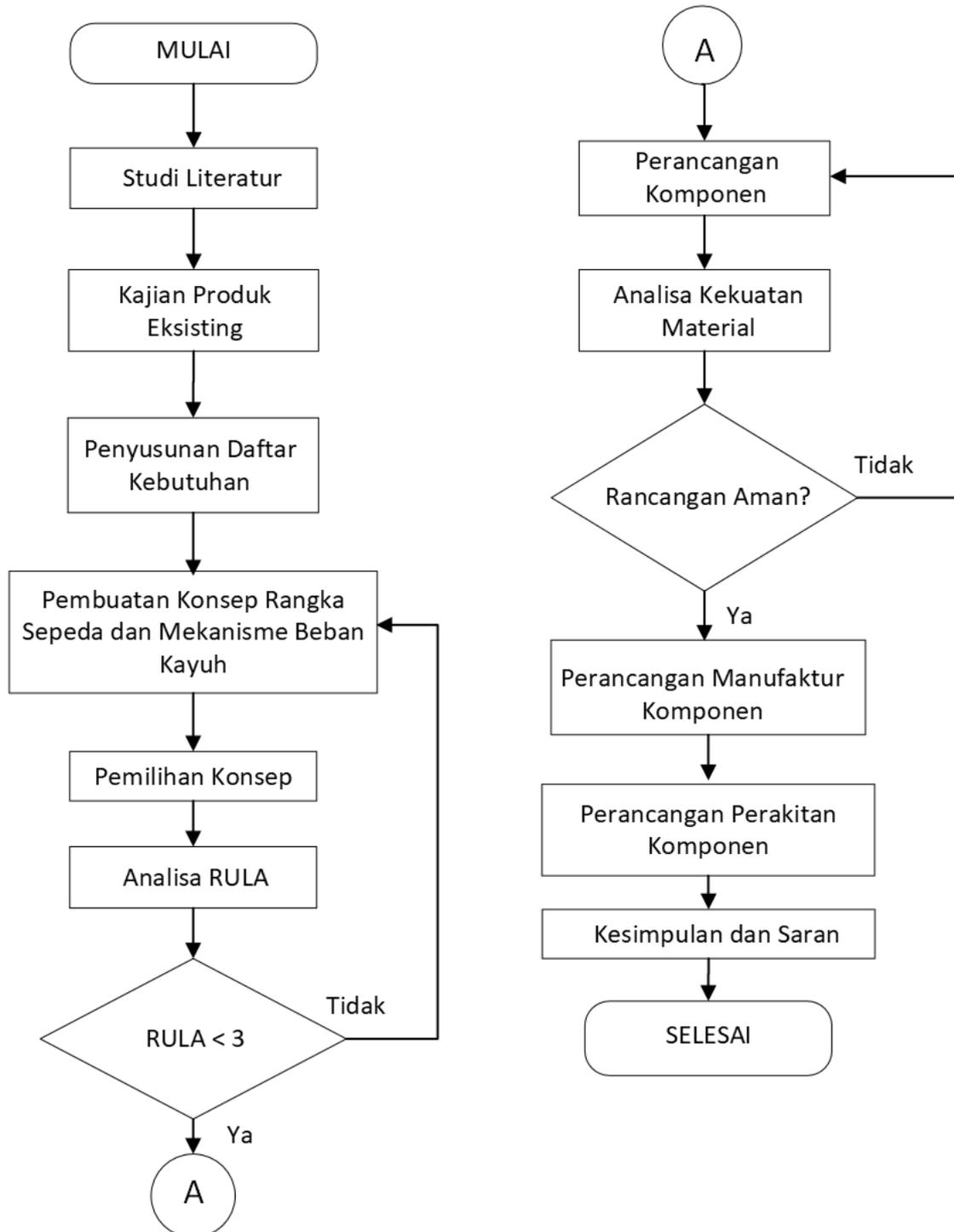


**Gambar 2.10** Skoring untuk RULA [McAtamney, 1993]

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, ada beberapa tahapan yang digunakan dalam pengembangan dan perancangan sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke dengan mekanisme perubahan beban kayuh pengendara yang ditunjukkan oleh gambar berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### **3.2 Langkah-langkah Penelitian**

Perancangan sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke dengan mekanisme perubahan beban kayuh pengendara dilakukan berdasarkan tahapan berikut :

1. Studi Literatur
2. Kajian Produk Eksisting
3. Penyusunan Daftar Kebutuhan
4. Pembuatan Konsep Rangka Sepeda dan Mekanisme Beban Kayuh
5. Pemilihan Konsep
6. Analisa RULA
7. Perancangan Komponen
8. Analisa Kekuatan Material
9. Perancangan Manufaktur Komponen
10. Perancangan Perakitan Komponen
11. Kesimpulan dan Saran

#### **3.2.1 Studi Literatur**

Pada tahap pertama dilakukan pengumpulan data tentang sepeda stasioner dan mekanisme perubahan beban kayuh pengendara. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran awal mengenai konsep dan mekanisme khususnya sepeda stasioner beserta komponen-komponen yang digunakan. Studi literatur dilakukan dengan membaca beberapa jurnal dan artikel ilmiah yang ada di internet serta buku yang berkaitan dengan sepeda stasioner dengan mekanisme perubahan beban kayuh.

#### **3.2.2 Kajian Produk Eksisting**



**Gambar 3.2** Sepeda stasioner spinning

(Source: <https://mg.co.id/product/kettler-spin-bike-racer-2/>, diakses 28 oktober 2021)

Tahap ini dilakukan dengan mengkaji produk yang sudah ada yaitu dengan cara mengamati dan mempelajari desain konsep termasuk komponen-komponen yang digunakan serta mekanisme beban kayuh dari sepeda stasioner yang sudah ada. Produk eksisting yang dipakai sebagai konsep referensi adalah sepeda stasioner dengan pembebanan kayuh menggunakan gesekan rem dan flywheel. 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 sepeda stasioner dengan mekanisme perubahan beban

kayuh pengendara. List of requirements diperoleh dari hasil survey yang dilakukan pada beberapa responden yang meliputi pengguna sepeda stasioner, pasien pasca stroke, keluarga pasien pasca stroke, dan fisioterapis melalui pengisian kuisioner secara online maupun offline. Selanjutnya susunan daftar kebutuhan ini digunakan sebagai bahan untuk melakukan pengembangan pada desain dan mekanisme kerja alat sepeda stasioner.

#### **3.2.4 Pembuatan Konsep Rangka Sepeda dan Mekanisme Beban Kayuh**

Pembuatan konsep rangka sepeda stasioner dilakukan berdasarkan hasil dari susunan kebutuhan yang telah dibuat dan kajian produk eksisting. Rangka sepeda haruslah kuat menahan beban pengendara dan geometri pada rangka perlu memerhatikan faktor ergonomi serta kenyamanan dari pengendara.

Pembuatan konsep mekanisme beban kayuh diperlukan untuk memenuhi fungsi sepeda stasioner yaitu rehabilitasi terhadap anggota tubuh pasien pasca stroke. Beban kayuh diharapkan dapat diubah-ubah sesuai kebutuhan pengendara. Mekanisme beban kayuh dikaji dari produk eksisting dan disesuaikan dengan kebutuhan.

#### **3.2.5 Pemilihan Konsep**

Pemilihan konsep bertujuan untuk menentukan konsep yang terbaik dari beberapa konsep yang tersedia. Konsep dipilih berdasarkan skoring masing-masing konsep terhadap produk eksisting, sehingga didapatkan konsep terbaik.

#### **3.2.6 Analisa RULA**

Perancangan geometri dari rangka sepeda perlu memperhatikan ergonomi dari pengguna sepeda. Analisis RULA menggunakan *software CATIA V5R20* diperlukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat kemungkinan cedera pasien pasca stroke ketika mengoperasikan sepeda untuk terapi.

#### **3.2.7 Perancangan Komponen**

Perancangan komponen dilakukan untuk merealisasikan konsep yang terpilih agar dapat diketahui dimensi serta bentuk 3D yang nantinya diperlukan untuk analisa kekuatan material.

#### **3.2.8 Analisa Kekuatan Material**

Analisa dilakukan untuk mengetahui kekuatan rancangan sepeda khususnya poros dan rangka sepeda. Analisis kekuatan material bertujuan untuk mengetahui berapa besar tegangan dan displacement yang terjadi pada material sehingga dapat dianalisis apakah material gagal atau tidak dalam menahan beban desain. Rancangan dianalisa menggunakan *software ANSYS*.

#### **3.2.9 Perancangan Manufaktur Komponen**

Perancangan manufaktur komponen dilakukan terhadap komponen yang perlu dimanufaktur. Perancangan manufaktur komponen akan menjelaskan proses manufaktur tiap bagian komponen hingga siap untuk menjadi komponen yang utuh.

#### **3.2.10 Perancangan Perakitan Komponen**

Setelah komponen dimanufaktur selanjutnya komponen akan dirakit untuk menjadi sepeda stasioner sehingga diperlukan perancangan perakitan komponen. Perancangan perakitan komponen meliputi pemasangan dan penyetulan komponen sehingga semua fungsi dapat tercapai.

#### **3.2.11 Kesimpulan dan Saran**

Setelah semua proses sudah selesai hingga perakitan maka dapat ditarik kesimpulan yang merupakan hal-hal penting selama proses perancangan sepeda stasioner. Saran digunakan untuk memperbaiki kekurangan yang ada sehingga pada penelitian selanjutnya didapatkan hasil yang lebih baik lagi.

**BAB IV**  
**PEMBAHASAN DAN ANALISA DESAIN**

**4.1 Daftar Kebutuhan (List of Requirement)**

Berikut ini merupakan tabel yang menampilkan daftar kebutuhan (list of requirement) dari sepeda stasioner dengan mekanisme perubahan beban kayuh pengendara. Daftar kebutuhan dibuat berdasarkan kebutuhan pasien pasca stroke melalui wawancara serta data sekunder peneliti terdahulu (Pasaribu, 2022), (Rosadila, 2021), (Raditya, 2019).

**Tabel 4.1** Daftar kebutuhan untuk sepeda stasioner

TEKNIK MESIN ITS	LIST OF REQUIREMENT	
	Nama produk / komponen : <b>Sepeda Stasioner</b>	
S / H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
<b>Fungsi</b>		
S	Sepeda dapat dikayuh oleh pengguna	Reynaldi Yanuarizky
S	Sebagai alat bantu rehabilitasi bagi pasien stroke yang sudah pulih sebagian	
H	Sepeda dapat menaikkan kebugaran pasien	
<b>Keamanan:</b>		
S	Rangka kuat menahan beban 100 kg	Reynaldi Yanuarizky
S	Sepeda disertai sandaran	
<b>Ergonomis</b>		
S	Ketinggian <i>saddle</i> dapat disesuaikan dengan tinggi pasien	Reynaldi Yanuarizky
H	Resiko cedera tubuh pengendara kecil	
<b>Mekanisme Beban Kayuh</b>		
S	Beban kayuh dapat diubah-ubah pembebanannya sesuai kebutuhan pengendara	Reynaldi Yanuarizky
S	Beban kayuh mudah dirawat dan diganti komponennya	
<b>Manufaktur dan Perakitan</b>		
S	Rangka sepeda dan mekanisme beban kayuh sepeda stasioner dapat di manufaktur	Reynaldi Yanuarizky

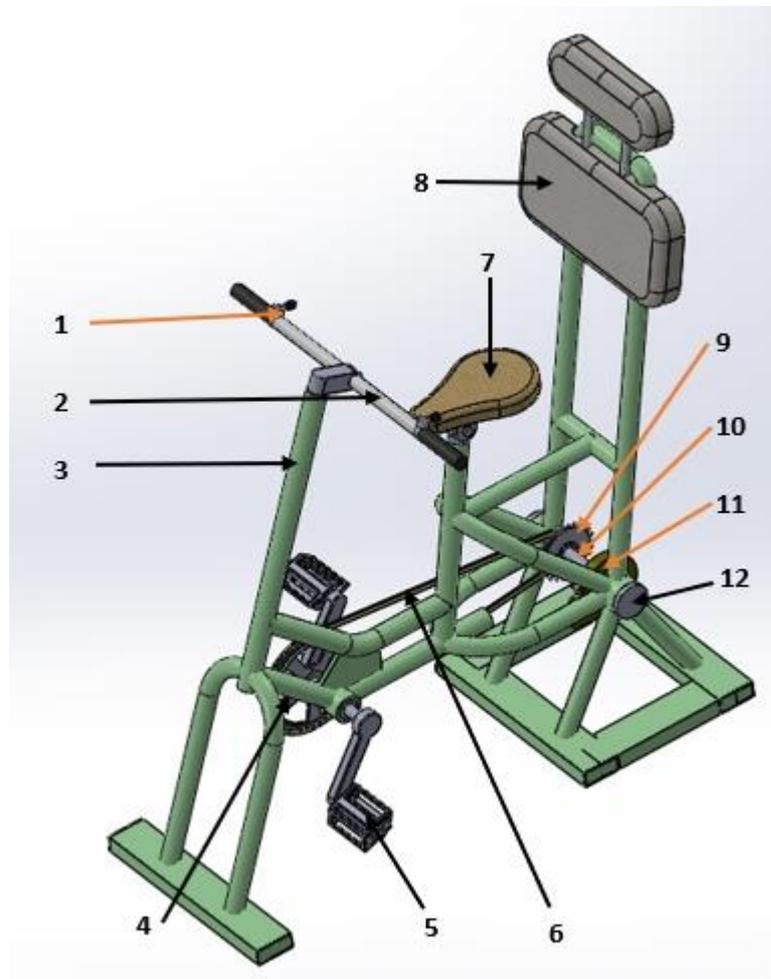
S	Rangka sepeda dan mekanisme beban kayu dapat dipasang dan dilepas	
---	---	--

Keterangan :                S = Syarat  
    H = Harapan

#### 4.2 Desain Konsep Sepeda Stasioner

Setelah melakukan kajian tentang prinsip kerja dari sepeda stasioner yang sudah ada, selanjutnya didapatkan daftar kebutuhan atau *List of Requirements*. Dari daftar kebutuhan yang didapatkan, diperoleh 3 alternatif konsep desain sepeda stasioner dengan perubahan beban kayu. Ketiga konsep ini memenuhi daftar kebutuhan yang ada, nantinya akan dipilih 1 alternatif konsep desain final.

##### 4.2.1 Alternatif desain konsep A



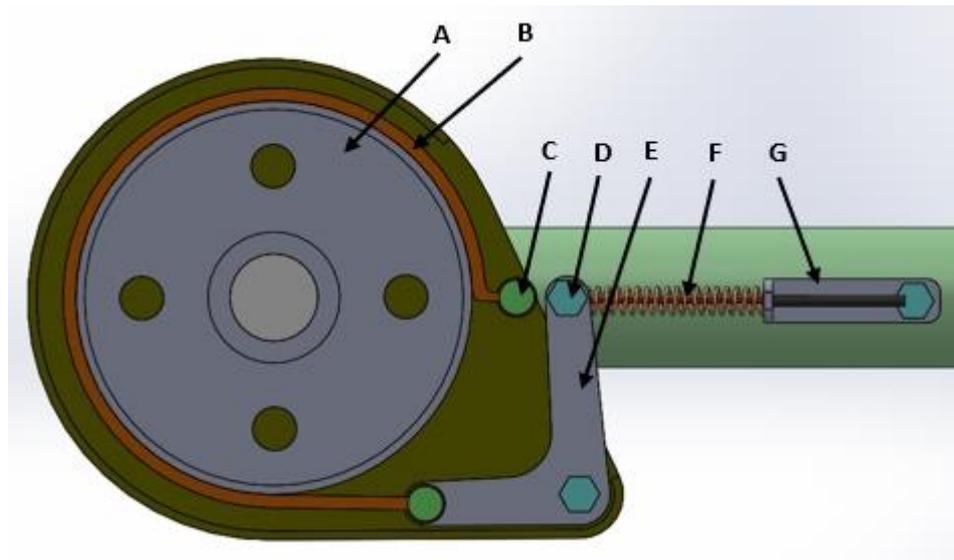
**Gambar 4.1** Alternatif desain konsep A

Keterangan:

1. *Shifter*
2. *Stang*
3. Rangka sepeda
4. *Crankset*

5. Pedal
6. Rantai
7. *Saddle*
8. Sandaran
9. *Gear cassette*
10. Poros
11. Beban Kayuh konsep A
12. Rumah *bearing*

Detail dari beban kayuh konsep A ditunjukkan oleh gambar 4.2



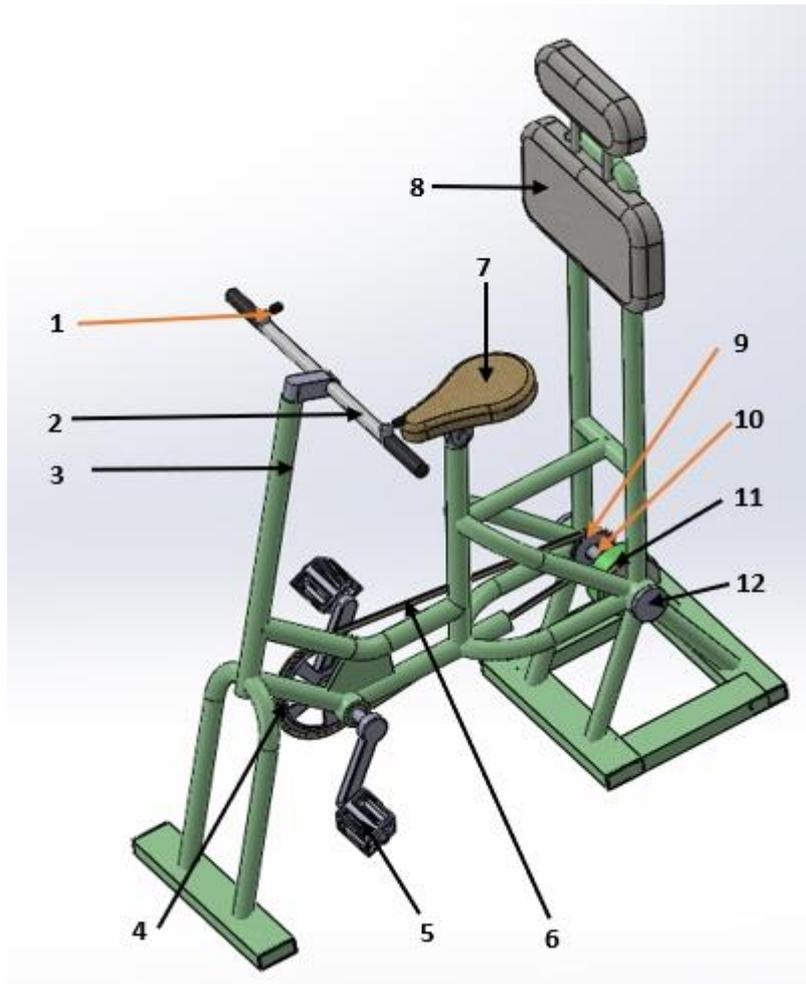
**Gambar 4.2** Mekanisme beban kayuh konsep A

- A. *Drum*
- B. Pita rem
- C. *Pin*
- D. Baut
- E. Tuas L
- F. Pegas
- G. Tumpuan pegas

Alternatif desain konsep A ini menggunakan drum dan pita rem dimana saat tuas shifter ditarik maka kawat akan menarik tuas L yang terhubung dengan pita rem. Pita rem yang ditarik akan mengapit drum sehingga timbul gesekan antara pita dan drum yang memperberat kayuhan.

Beban kayuh konsep A memiliki kelebihan yaitu lebih ringan dibanding rem lainnya dan tarikan kabel untuk pengereman ringan. Kekurangan dari rem pita yaitu lebih cepat aus dan mudah berkarat.

#### **4.2.2 Alternatif Desain Konsep B**

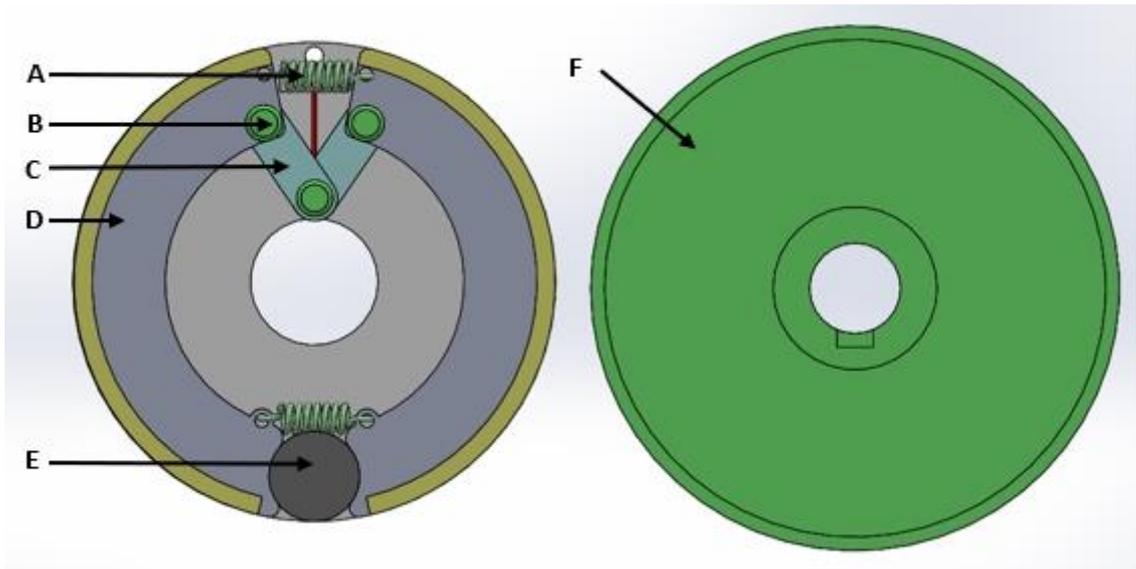


**Gambar 4.3** Alternatif desain konsep B

Keterangan:

1. *Shifter*
2. *Stang*
3. Rangka sepeda
4. *Crankset*
5. Pedal
6. Rantai
7. *Saddle*
8. Sandaran
9. *Gear cassette*
10. Poros
11. Beban Kayuh konsep B
12. Rumah *bearing*

Detail dari beban kayuh konsep B ditunjukkan oleh gambar 4.4



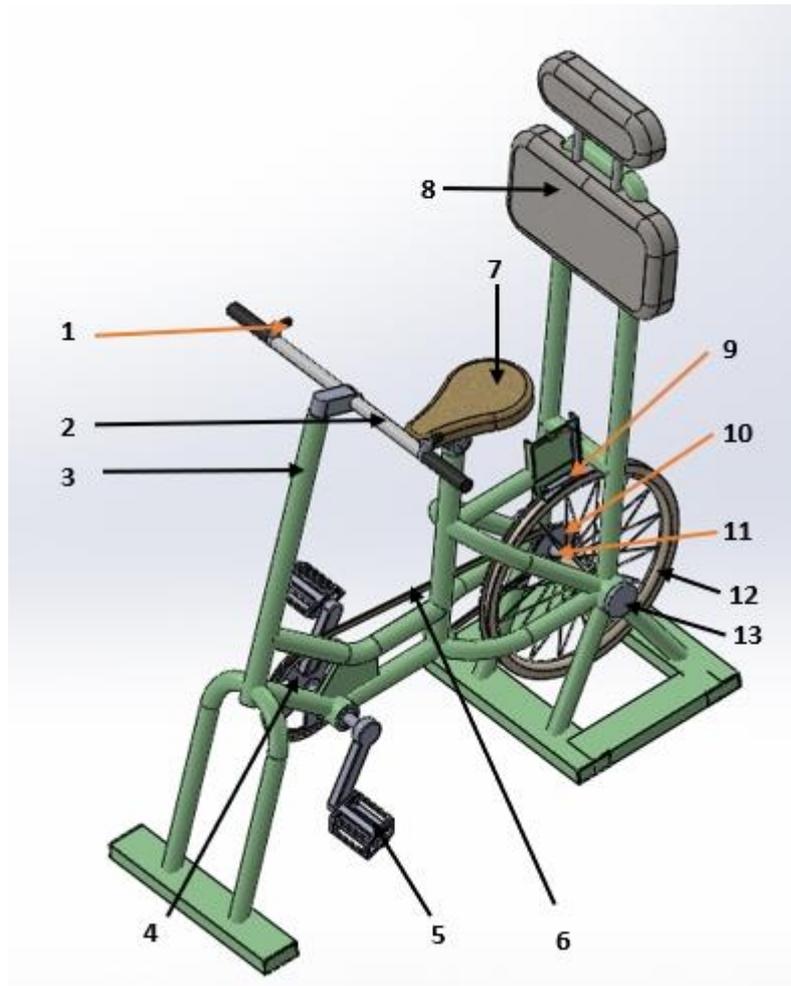
**Gambar 4.4** Mekanisme beban kayuh konsep B

- A. Pegas
- B. Pin
- C. Plat Penggerak
- D. Sepatu rem
- E. Anchor Pin
- F. Drum

Alternatif desain konsep B ini menggunakan sepatu rem yang akan menekan drum. Saat tuas shifter ditarik maka posisi plat penggerak berpindah sehingga sepatu rem akan bergerak ke samping dan menekan sepatu rem ke drum. Hal tersebut menyebabkan timbulnya gesekan antara drum dan kampas rem pada sepatu rem yang mengakibatkan beban kayuh pada pengendara.

Kelebihan beban kayuh konsep B adalah tidak bising saat pengereman, lebih tahan aus, dan tahan karat. Kekurangan dari beban kayuh konsep B adalah berat rem lebih berat dari konsep lainnya.

#### 4.2.3 Alternatif Desain Konsep C

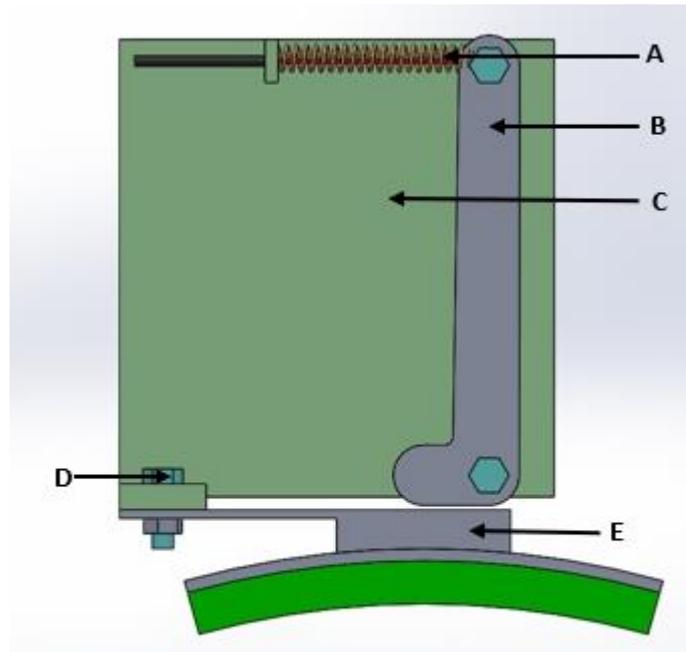


**Gambar 4.5** Alternatif desain konsep C

Keterangan:

1. *Shifter*
2. *Stang*
3. Rangka sepeda
4. *Crankset*
5. Pedal
6. Rantai
7. *Saddle*
8. Sandaran
9. Beban Kayuh konsep C
10. *Gear cassette*
11. Poros
12. *Velg*
13. Rumah bearing

Detail dari beban kayuh konsep C ditunjukkan oleh gambar 4.6



**Gambar 4.6** Mekanisme beban kayu konsep C

- A. Pegas
- B. Tuas L
- C. Plat tumpuan
- D. Baut
- E. *Brake pad*

Alternatif desain konsep C ini menggunakan velg sebagai ganti dari fly wheel pada konsep referensi, ketika tuas L ditarik ujung tuas bagian bawah akan menekan brake pad sehingga timbul gesekan antara brake pad dengan velg yang bersentuhan.

Beban kayu konsep C memiliki kelebihan yaitu tarikan rem ringan dan tidak mudah aus. Kekurangannya adalah lebih bising saat pengereman dan membutuhkan ruang tambahan untuk tumpuan sistem rem.

### 4.3 Perbandingan Konsep Beban Kayu dan Produk Eksisting

Konsep beban kayu yang dirancang memiliki kelebihan dan kekurangan terhadap produk eksisting. Hal ini menjadi acuan untuk penilaian seberapa baik konsep yang dirancang terhadap produk eksisting. Konsep rancangan dan produk eksisting yang ada di pasaran dibandingkan dalam beberapa parameter. Hasil perbandingan di jelaskan pada tabel 4.2

**Tabel 4.2** Perbandingan konsep dengan produk eksisting

Nama	Frictional Resistance	Air Resistance	Magnetic Resistance	Konsep A	Konsep B	Konsep C
<b>Keausan</b>	Mudah aus	Tidak aus	Tidak aus	Lebih mudah aus daripada frictional resistance	Lebih tahan aus daripada frictional resistance	Keausan sama dengan frictional resistance

<b>Korosi</b>	Tidak mudah terkorosi	Tidak terkorosi	Tidak mudah terkorosi	Mudah terkorosi	Tidak mudah terkorosi	Tidak mudah terkorosi
<b>Kebisingan</b>	Bising saat dipakai	Sangat bising saat dipakai	Tidak bising saat dipakai	Bising saat dipakai	Sedikit bising saat dipakai	Bising saat dipakai
<b>Kekuatan Pengereman</b>	Kuat	Kuat	Sedang	Sangat kuat	Sedang	Kuat
<b>Kontrol Pengereman</b>	Mudah dikontrol	Susah dikontrol	Mudah dikontrol	Mudah dikontrol	Mudah dikontrol	Mudah dikontrol
<b>Pemakaian Listrik</b>	Tidak perlu	Tidak perlu	Perlu	Tidak perlu	Tidak perlu	Tidak perlu

Dari ketiga konsep yang dirancang pada penelitian ini ketiga konsep yang dirancang memiliki beberapa kelebihan dibanding produk eksisting yang ada di pasaran.

#### 4.4 Skoring Pemilihan Konsep

Pemilihan konsep dilakukan dengan metode penilaian/skoring yang didasarkan pada daftar kebutuhan pasien. Pembobotan yang ada pada skoring didapat 6 kriteria seleksi diantaranya:

1. Safety yaitu keamanan pasien untuk menggunakan sepeda diantaranya keamanan rangka dan ergonomi dari sepeda sehingga bobot 20% diberikan karena keamanan bagi pasien merupakan hal sangat penting bagi pasien.
2. Ringan yaitu bobot sepeda agar mudah dalam mobilisasi dan peletakan sepeda sehingga diberi bobot 10%.
3. Beban dapat dirubah yaitu beban kayuh dari sepeda mudah untuk dirubah oleh pasien sendiri sehingga dalam penggunaannya pasien dapat dengan mudah merubah beban sesuai kemampuan kayuhan pasien sehingga perlu diberi bobot 20%.
4. Sepeda tidak mudah rusak sehingga tidak perlu sering mengganti bagian sepeda dan sepeda dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama, maka bobot 20% diberikan untuk kriteria ini.
5. Mudah dimanufaktur yaitu semua bagian sepeda mudah dibuat dan dirakit sehingga konsep sepeda mudah diproduksi secara massal nantinya sehingga diberi bobot 15%.
6. Mudah diperbaiki yaitu apabila terjadi kerusakan atau membutuhkan penggantian bagian sepeda dapat cepat diperbaiki atau diganti sehingga rehabilitasi pasien tidak tertunda lama sehingga diberi bobot 15%.

Setelah ditetapkan bobot dan kriteria seleksi maka ketiga konsep dilakukan penilaian/skoring yang ditunjukkan oleh tabel 4.3

**Tabel 4.3** Skoring Pemilihan Konsep

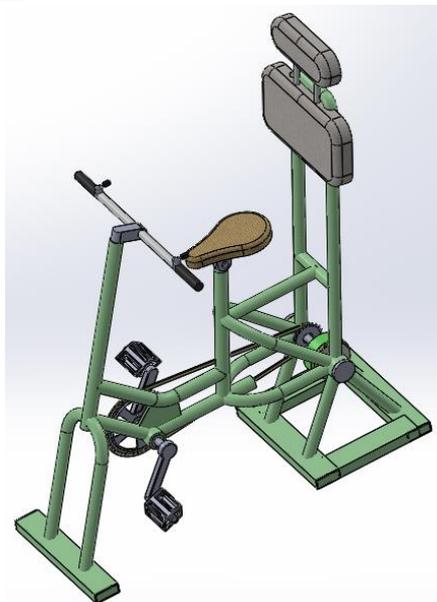
No	Kriteria Seleksi	Bobot (%)	Konsep (sketsa)							
			Konsep Referensi		Konsep A		Konsep B		Konsep C	
			Rate	Nilai Bobot	Rate	Nilai Bobot	Rate	Nilai Bobot	Rate	Nilai Bobot
1	Safety (fungsi)	20%	3	0.6	3	0.6	3	0.6	3	0.6

2	Ringan	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
3	Beban dapat dirubah	20%	3	0.6	4	0.8	4	0.8	4	0.8
4	Tidak mudah rusak	20%	3	0.6	3	0.6	4	0.8	3	0.6
5	Mudah dimanufaktur	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	2	0.3
6	Mudah diperbaiki	15%	3	0.45	4	0.6	3	0.45	3	0.45
Nilai Absolut		100 %		3		3.50		3.55		3.05
Nilai Relatif		100 %		22,9 %		26,7 %		27,1 %		23,3 %
Ranking				4		2		1		3

Keterangan:

1. : sangat kurang bagus dibandingkan konsep referensi
2. : kurang bagus dibandingkan konsep referensi
3. : sama dengan konsep referensi
4. : lebih baik dibandingkan konsep referensi
5. : sangat lebih baik dibandingkan konsep referensi

#### 4.5 Konsep yang Terpilih

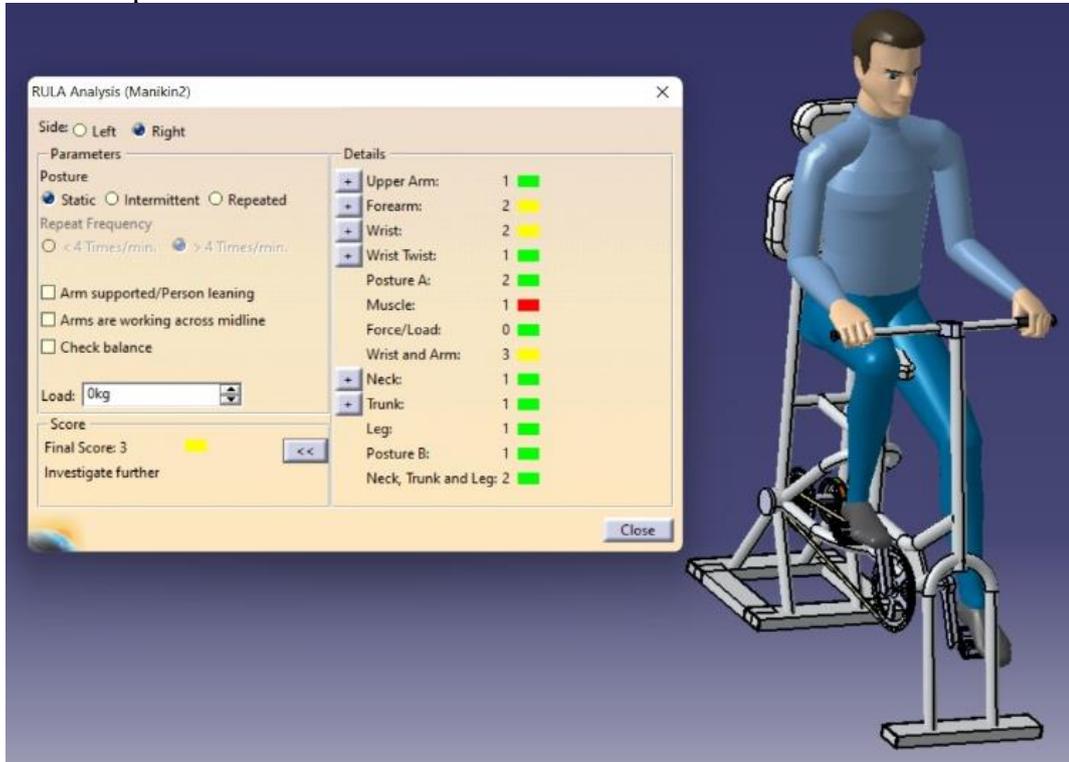


**Gambar 4.7** Alternatif desain konsep terpilih

Berdasarkan tabel penilaian, alternatif desain konsep B memiliki skor tertinggi. Hal ini dikarenakan alternatif konsep desain B memiliki keunggulan lebih baik daripada konsep lainnya diantaranya kampas rem tidak perlu sering diganti seperti konsep A. Konsep B lebih mudah di manufaktur daripada konsep C.

#### 4.6 Analisa RULA

Analisa RULA bertujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan suatu produk saat digunakan dengan menghitung nilai resiko cedera yang terjadi pada pengayuh. Analisa ini menggunakan *software* CATIA V5R20. Semakin kecil nilai RULA, maka semakin ergonomi kenyamanan sepeda tersebut.

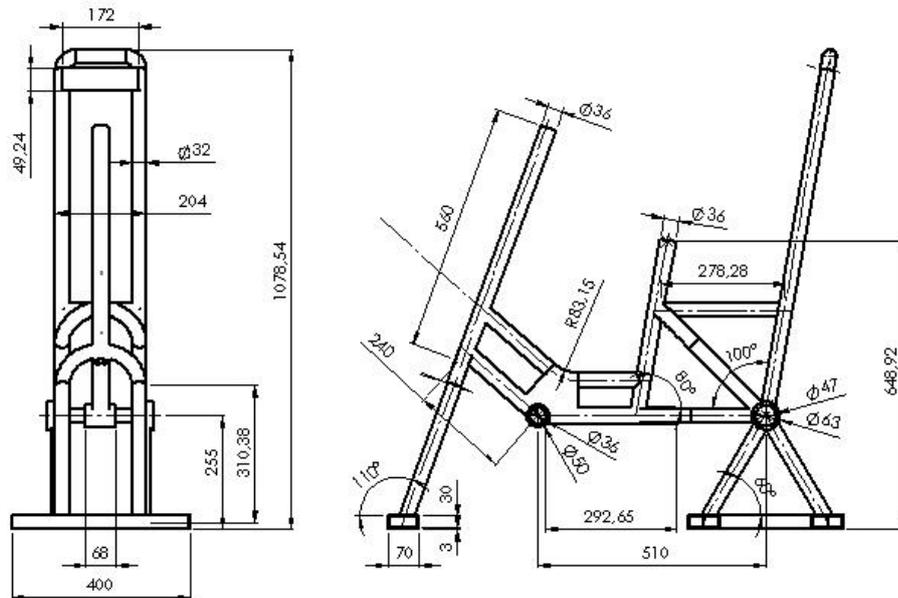


**Gambar 4.8** Analisa RULA sepeda stasioner

Hasil RULA didapatkan nilai 3 yang berarti masih aman digunakan untuk pengendara namun perlu beberapa penyesuaian lebih lanjut.

#### 4.7 Perancangan Rangka Sepeda

Rangka sepeda berfungsi sebagai bagian utama dari sepeda dan tumpuan beban utama. Oleh karena itu ketika merancang rangka, perlu diperhatikan posisi kenyamanan dari pengendara. Pada pengembangan sepeda stasioner ini rangka dirancang menggunakan material Aluminum Alloy 6061 yang ditunjukkan pada gambar 4.9



**Gambar 4.9** Dimensi rangka sepeda

Ergonomi tubuh manusia di bagi menjadi bagian-bagian tertentu, yaitu : *head, neck, torso, arm* dan lain-lain. Berdasarkan buku *Ergonomics How to Design for Ease and Efficiency*, setiap bagian tubuh manusia sudah mempunyai perhitungan empiris dalam bentuk satuan kg. Gaya-gaya yang digunakan untuk pengujian kekuatan material dapat dihitung menggunakan perhitungan empiris tersebut, dimana perhitungan tersebut dapat diketahui dari tabel 4.4 dibawah ini.

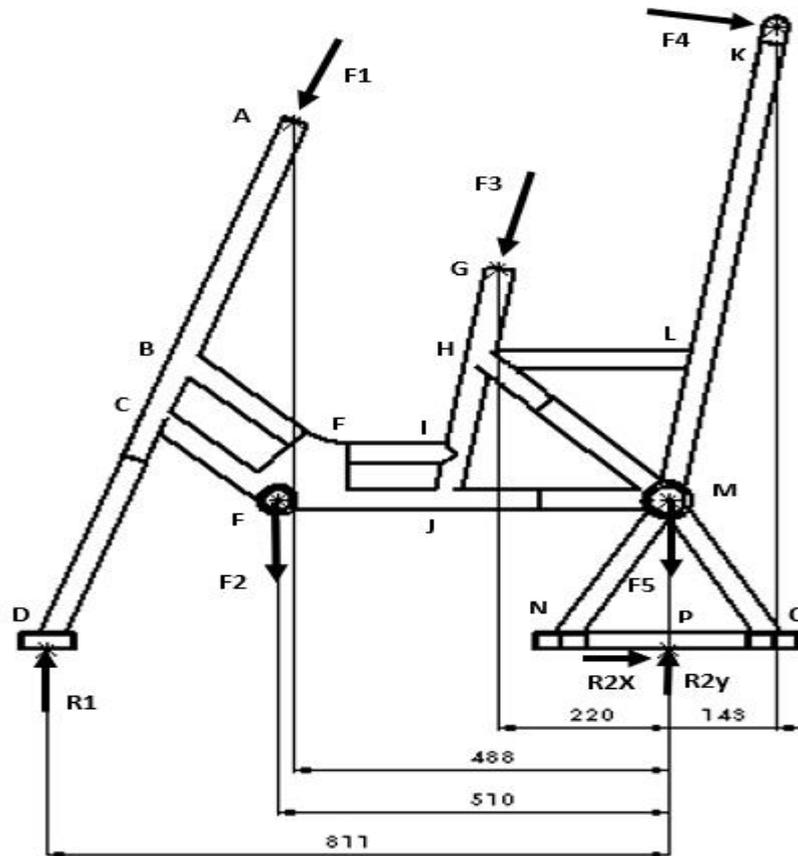
**Tabel 4.4** Tabel Estimasi Setiap Segment Massa Pada Tubuh Manusia

[Kroemer-Elbert,1990]

<i>Segment</i>	<i>Empirical Equation</i>	<i>Standard Error of Estimate</i>
Head	$0.0306W + 2.46$	0.43
Head and neck	$0.0534W + 2.33$	0.60
Neck	$0.0146W + 0.60$	0.21
Head, neck, and torso	$0.5940W - 2.20$	2.01
Neck and torso	$0.5582W - 4.26$	1.72
Total arm	$0.0505W + 0.01$	0.35
Upper arm	$0.0274W - 0.01$	0.19
Forearm and head	$0.0233W - 0.01$	0.20
Forearm	$0.0189W - 0.16$	0.15
Hand	$0.0055W + 0.07$	0.07
Total leg	$0.1582W + 0.05$	1.02
Thigh	$0.1159W - 1.02$	0.71
Shank and foot	$0.0452W + 0.82$	0.41
Shank	$0.0375W + 0.38$	0.33
Foot	$0.0069W + 0.47$	0.11

Setelah ukuran dan bentuk rangka telah ditentukan, dilakukan proses perhitungan besarnya gaya yang diterima masing-masing batang. Untuk itu dibuatlah *free body diagram* (FBD) dengan beban (W) pengendara 100 kg. Karena gaya pada tubuh manusia yang bekerja

pada sepeda tidak dapat secara jelas didefinisikan nilainya (gaya dorong akibat tangan, kaki, dan anggota tubuh lainnya terhadap sepeda bersifat subjektif sesuai dengan pengendaranya) sehingga gaya yang bekerja pada sepeda dapat diasumsikan sesuai dengan segmentasi tubuh pada tabel 4.4. Sedangkan besar gaya yang bekerja pada titik di gambar 4.10 merujuk pada penelitian terdahulu (Febritasari, 2021) (Kurniawan, 2020) (Raditya, 2019).



**Gambar 4.10** Gaya pada rangka sepeda

Pada F1 terdapat gaya *total arm* ( $0,0505W + 0,01$ )g dengan sudut  $70^\circ$ , F2 terdapat gaya *total leg* ( $0,1582W + 0,05$ )g ke arah bawah, F3 terdapat gaya *head, neck, and torso* ( $0,5940W - 2,20$ )g dengan sudut  $80^\circ$ , F4 terdapat gaya *head and neck* dengan sudut  $10^\circ$ , F5 terdapat gaya akibat beban dari mekanisme pembebanan ke arah bawah (Kroemer et al., 2000).

Didapatkan hasil seperti berikut:

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

$$F1 = (0,0505W + 0,01) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 49,58 \text{ N}$$

$$F2 = (0,1582W + 0,05) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 155,53 \text{ N}$$

$$F3 = (0,5940W - 2,20) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 560,56 \text{ N}$$

$$F4 = (0,0534W + 2,33) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 75,16 \text{ N}$$

$$F5 = 5 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 50 \text{ N}$$

Untuk gaya F1, F3, dan F4 diuraikan terhadap sumbu horizontal dan sumbu vertikal

$$F1x = F1 \cdot \cos(70^\circ) = 17 \text{ N (arah ke sumbu x negatif)}$$

$$F1y = F1 \cdot \sin(70^\circ) = 47 \text{ N (arah ke sumbu y negatif)}$$

$$F3x = F3 \cdot \cos(80^\circ) = 95,28 \text{ N (arah ke sumbu x negatif)}$$

$$F3y = F3 \cdot \sin(80^\circ) = 1549,29 \text{ N (arah ke sumbu y negatif)}$$

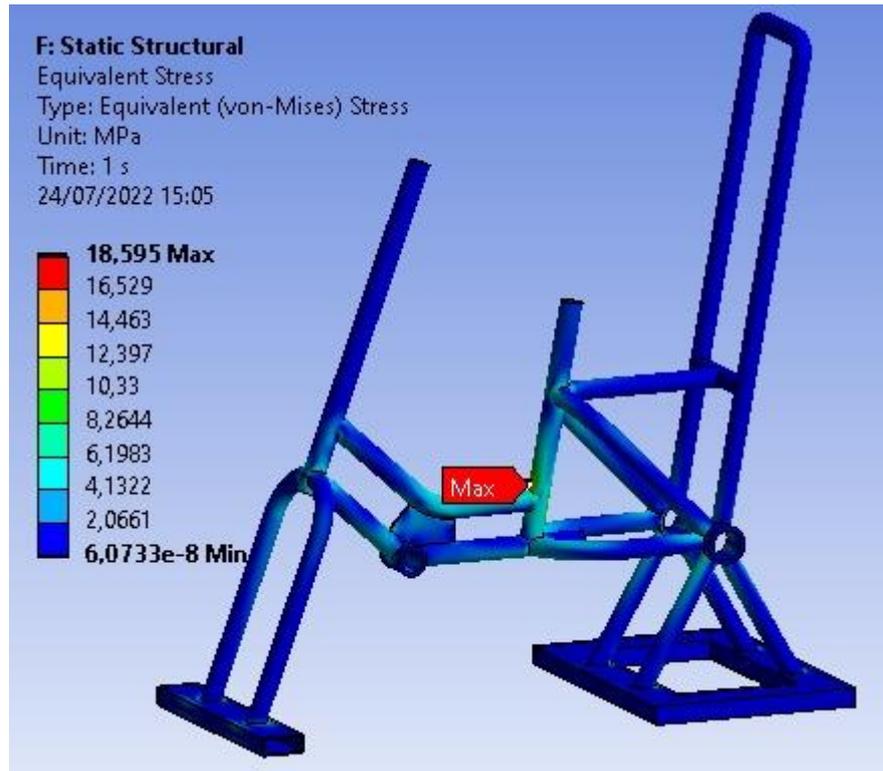
$$F4x = F4 \cdot \cos(10^\circ) = 73,66 \text{ N (arah ke sumbu x positif)}$$

$$F_{4y} = F_4 \cdot \sin(10^\circ) = 12,78 \text{ N (arah ke sumbu y negatif)}$$

**Tabel 4.5** Karakteristik Al 6061 [Smith F. Wiliam, 1994]

<i>Alloy</i>	<i>Temper</i>	<i>Tensile strength, psi</i>	<i>Tensile yield strength psi</i>	<i>Elongati on &amp; in 2 in</i>	<i>Hardness Bhn</i>	<i>Shear strength psi</i>	<i>Fatigue limit psi</i>
6050	0	16.000	8.000	35	26	11.000	
	T6	37.000	32.000	13	80	23.000	8.000
6061	0	18.000	8.000	25	30	12.000	13.000
	T4,T451	35.000	21.000	22	65	24.000	9.000
	T6,T651	45.000	40.000	12	95	30.000	13.000
	T81	55.000	52.000	15		32.000	14.000
	T91	59.000	57.000	12		33.000	
	T913	67.000	66.000	10		35.000	14.000
6066	0	22.000	12.000	18	43	14.000	
	T4,T451	52.000	30.000	18	90	29.000	
	T6,T651	57.000	52.000	12	120	34.000	
6070	0	21.000	10.000	20	35	14.000	16.000
	T6	57.000	52.000	12	120	34.000	9.000
6101	T6	32.000	28.000	15	71	20.000	14.000
6151	T6	48.000	43.000	17	100	32.000	
6201	T81	48.000		6			12.000
6262	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
6951	T6	39.000	33.000	13	82	26.000	

Dengan menggunakan tabel karakteristik bahan alumunium dengan menggunakan AA 6061 dan gaya pada gambar 4.10, selanjutnya dilakukan analisa kekuatan material menggunakan software ANSYS dengan metode static analysis Von Mises dan total deformasi dari rangka.

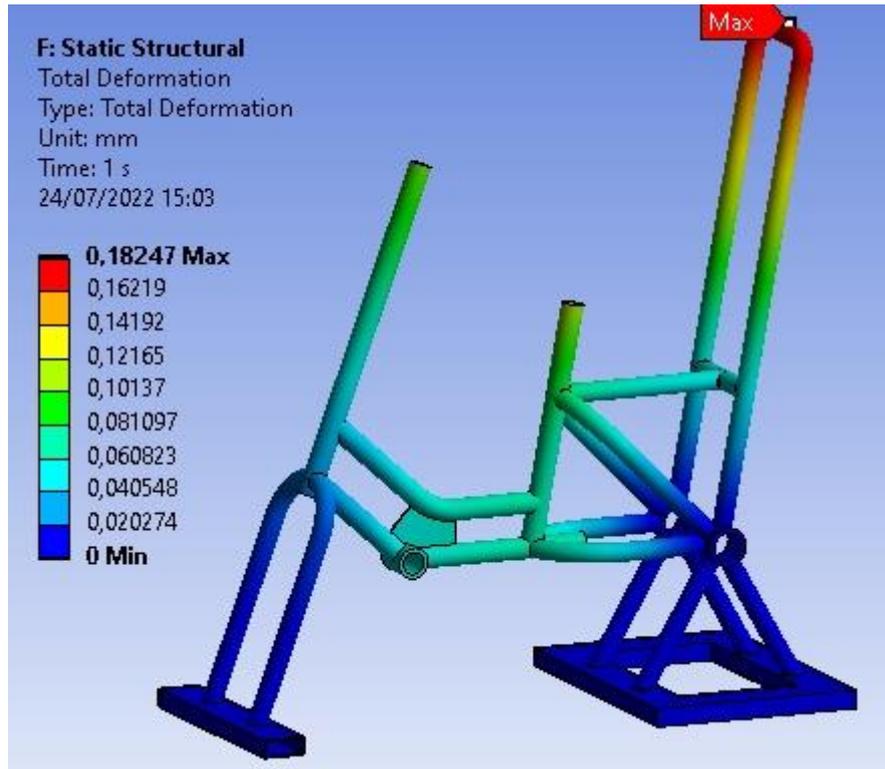


**Gambar 4.11** Analisa kekuatan material rangka sepeda

Hasil dari analisa kekuatan material didapatkan bahwa tegangan maksimum pada rangka sepeda bernilai 18,6 Mpa terletak di titik I seperti yang ditunjukkan gambar 4.11, Hasil dari analisa tersebut digunakan untuk menghitung Safety Factor agar diketahui nilai Faktor Keamanannya.

$$\begin{aligned} \text{Faktor Keamanan} &= \frac{\text{Tegangan Yield}}{\text{Tegangan Kerja Maksimum}} \\ &= \frac{241,32 \text{ Mpa}}{18,6 \text{ Mpa}} = 12,97 \end{aligned}$$

Nilai faktor keamanan dari rangka sepeda mencapai 12,97 sehingga dapat dikatakan bahwa sepeda sangat aman untuk dikendarai pasien.



**Gambar 4.12** Analisa defleksi rangka sepeda

Defleksi maksimum yang terjadi berada di bagian sandaran sebesar 0,18 mm seperti ditunjukkan pada gambar 4.12. Hal ini disebabkan karena beban tubuh pengendara pada sandaran dan tekanan dari batang HL akibat dari F3 menekan batang sandaran. Sehingga pada titik paling atas sandaran terjadi defleksi. Hasil tersebut dapat di katakan bahwa rangka aman bila terkena beban statis dan dinamis.

#### 4.8 Sistem transmisi

Sistem transmisi pada sepeda statis digunakan untuk menyalurkan daya serta putaran dari kayuhan menuju poros dan drum. Sistem transmisi menggunakan beberapa komponen diantaranya crankset, rantai, gear casette, dan poros. Crankset, rantai, dan gear casette adalah komponen yang tidak dirancang dan ukurannya sesuai standar di pasaran.

- Crank gear, rantai, dan gear casette

Crank gear adalah roda gigi yang ada pada crankset dan menyatu dengan crank arm digunakan untuk mengayuh sepeda sedangkan gear casette terletak satu sumbu dengan poros. Crank gear dan gear casette dihubungkan oleh rantai. Ketiga komponen tersebut tidak dimanufaktur dan dianalisa karena menyesuaikan dengan yang ada di pasaran. Crankset, rantai, dan gear casette berfungsi untuk mentransmisikan daya dan putaran kayuhan serta dapat menjadi variasi beban kayuhan bagi pengendara. Sebagai contoh jika crank gear memiliki jumlah gigi 24 dan gear casette memiliki jumlah gigi 16 maka rasionya  $24:16 = 1,5$  yang artinya satu kali putaran kayuhan akan dihasilkan 1,5 putaran pada gear casette. Maka gear ratio yang akan digunakan dapat ditampilkan pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Gear ratio crank gear dan gear casette

	Crank gear	CR1	CR2	CR3

	Jumlah gigi	24	34	42
	No crank	1	2	3
Gear cassette				
Jumlah gigi	No sprocket	Gear ratio		
28	1	0,86	1,21	1,5
24	2	1	1,42	1,75
21	3	1,14	1,63	2
18	4	1,33	1,89	2,33
16	5	1,5	2,12	2,63
14	6	1,71	2,43	3
12	7	2	2,83	3,5

- Poros

Poros merupakan komponen yang berfungsi untuk meneruskan daya dan putaran dari kayuhan pengendara. Poros ini dibuat bertingkat dengan menyesuaikan dengan diameter drum, bearing, dan sprocket. Material yang digunakan pada poros adalah AISI 1040. Dalam sistem penggerak ini hanya poros yang di rancang dan dimanufaktur sendiri. Berikut ini dianalisa kekuatan dari poros.

Beban pada pedal ( $F_p$ ) = 155,526 N  $\approx$  160 N (sesuai dengan beban akibat total leg). Dari penelitian “Pengujian Sepeda Pasca Stroke Untuk Pasien Stroke di Rumah Sakit Haji Surabaya (Luthfianto, 2016)” didapat data sebagai berikut:

Kecepatan maksimal ( $V_{maks}$ ) : 20 km/jam (sensor terletak di roda belakang)  
 Jari-jari roda belakang ( $r_{rb}$ ) : 0,254 m  
 Keliling roda (K) :  $2 \times \pi \times r$   
 :  $2 \times \pi \times (0,254)$   
 : 1,595 m

Kecepatan sudut roda belakang ( $n_{rb}$ ):

$$n_{rb} = \frac{V_{maks}}{K} = \frac{5,556 \text{ m/s}}{1,595 \text{ m}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 209,003 \text{ rpm} \approx 210 \text{ rpm}$$

Kecepatan sudut roda belakang sama dengan kecepatan sudut poros dan sprocket yang akan menjadi acuan kecepatan sudut poros untuk perancangan kali ini. Dengan menggunakan data sprocket dan crankset didapatkan:

Jari-jari crank gear ( $r_{cg}$ ) : 100 mm = 0,1 m  
 Jari-jari sprocket ( $r_s$ ) : 25 mm = 0,25 m  
 Jari-jari crank ( $r_c$ ) : 170 mm = 0,17 m

Perbandingan crank gear dan sprocket =  $r_{cg} : r_s = 4$

Kecepatan sudut crankset ( $n_c$ ) =  $n_{rb} \times \frac{1}{4} = 52,5 \text{ rpm}$

Torsi crank ( $T_c$ ) =  $F_p \times r_c$   
 = 160 N x 0,17 m  
 = 27,2 Nm

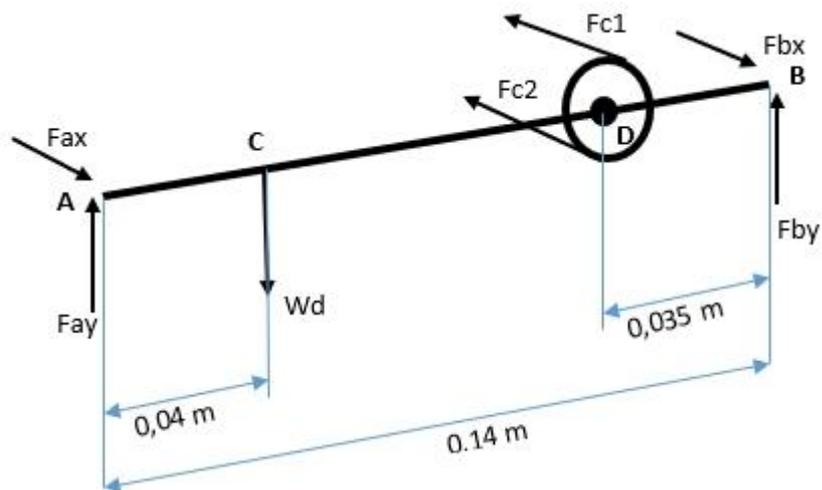
Daya (P) =  $\frac{2\pi n_c T_c}{60}$   
 =  $\frac{2 \times \pi \times 52,5 \text{ rpm} \times 27,2}{60}$   
 = 149,46  $\approx$  150 watt

$$\begin{aligned} \text{Torsi sprocket (T}_s) &= \frac{P \times 60}{2\pi n_{rb}} \\ &= \frac{150 \text{ watt} \times 60}{2 \times \pi \times 210} \\ &= 6,82 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya rantai bagian atas (F}_{c1}) &= \frac{T_s}{r_s} \\ &= \frac{6,82 \text{ Nm}}{0,025 \text{ m}} \\ &= 272,97 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya rantai bawah (F}_{c2}) = 0 \text{ N}$$

Pengurangan torsi akibat pengaruh beban kayuh tidak dimasukkan demi mendapat diameter poros maksimum.



**Gambar 4.13** Freebody diagram poros

- Vertikal



**Gambar 4.14** Freebody diagram poros arah vertikal

$$\begin{aligned} \Sigma F_y &= 0 \\ F_{ay} + F_{by} - W_d &= 0 \\ F_{ay} + F_{by} &= 29,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma M_a &= 0 \\ W_d \cdot 0,04 - F_{by} \cdot 0,14 &= 0 \\ F_{by} &= 29,4 \times 0,04 / 0,14 = 8,4 \text{ N} \\ F_{ay} + F_{by} &= 29,4 \\ F_{ay} + 8,4 &= 29,4 \\ F_{ay} &= 21 \text{ N} \end{aligned}$$

- Horizontal



**Gambar 4.15** Freebody diagram poros arah horizontal

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{ax} + F_{bx} - F_{c1} = 0$$

$$F_{ax} + F_{bx} = 272,975$$

$$\Sigma M_a = 0$$

$$F_{c1} \cdot 0,105 - F_{bx} \cdot 0,14 = 0$$

$$F_{bx} = 272,975 \times 0,105 / 0,14 = 204,73 \text{ N}$$

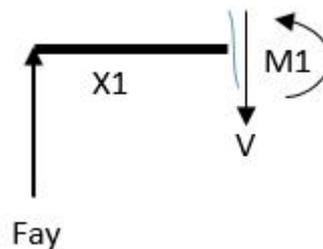
$$F_{ax} + F_{bx} = 272,975$$

$$F_{ax} + 204,73 = 272,975$$

$$F_{ax} = 68,24 \text{ N}$$

Setelah mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada poros, selanjutnya mencari diagram momen dan besar momen maksimum pada poros.

- Vertikal



**Gambar 4.16** diagram momen sepanjang x1

$$\Sigma M = 0$$

$$F_{ay} \cdot X1 - M1 = 0$$

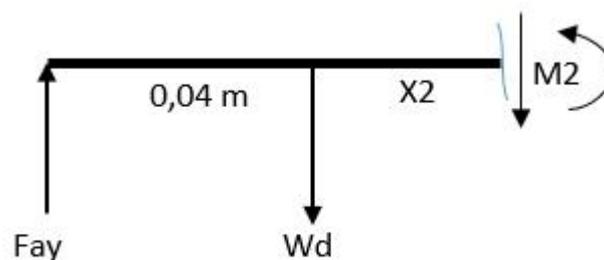
$$M1 = F_{ay} \cdot X1$$

$$X1 = 0 \text{ m}$$

$$X1 = 0,04 \text{ m}$$

$$M1 = 0$$

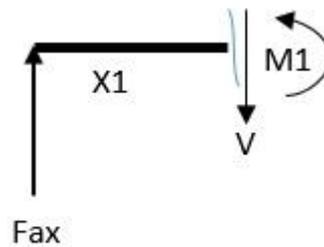
$$M1 = 21 \times 0,04 = 0,84 \text{ Nm}$$



**Gambar 4.17** diagram momen sepanjang x2

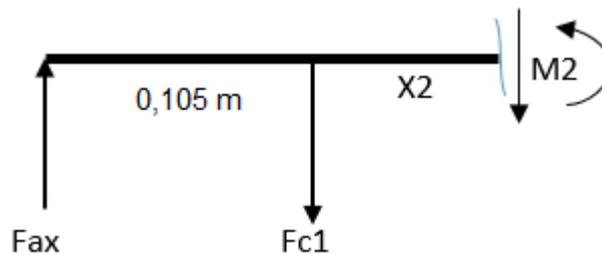
$$\begin{aligned} \Sigma M &= 0 \\ F_{ay} \cdot (X_2 + 0,04) - W \cdot X_2 - M_2 &= 0 \\ M_2 &= 21(0,04 + X_2) - 29,4X_2 \\ X_2 = 0 \text{ m} & \quad M_2 = 0,84 \text{ Nm} \\ X_2 = 0,1 \text{ m} & \quad M_2 = 0 \end{aligned}$$

- Horizontal



**Gambar 4.18** diagram momen sepanjang X1

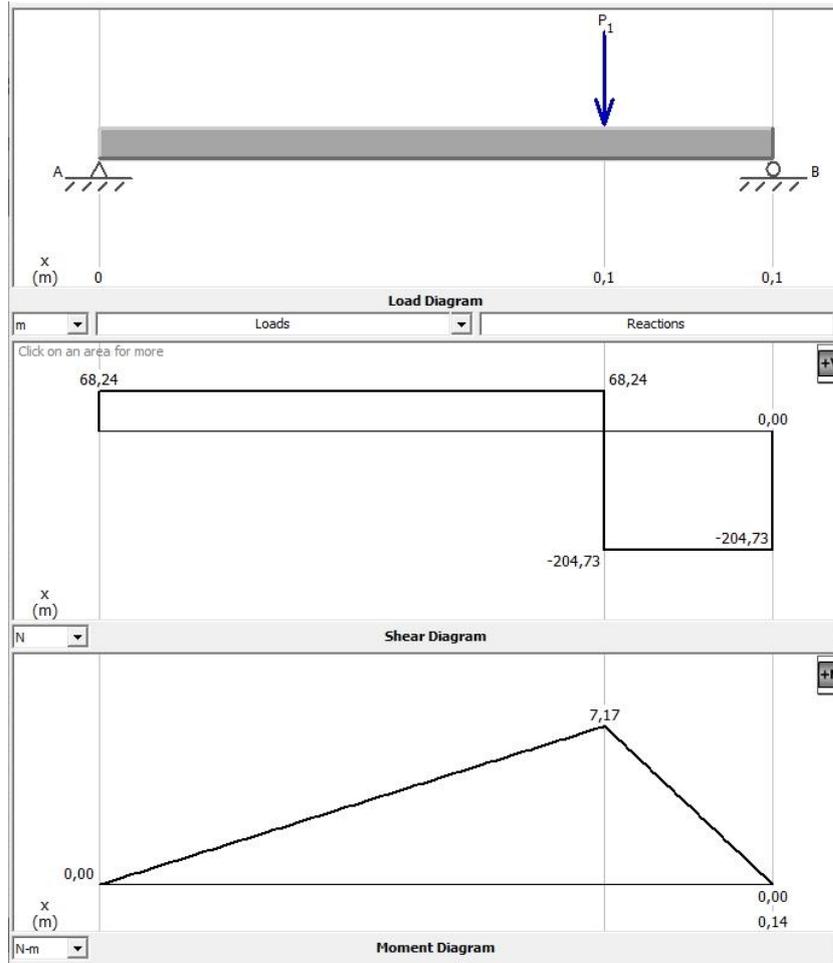
$$\begin{aligned} \Sigma M &= 0 \\ F_{ax} \cdot X_1 - M_1 &= 0 \\ M_1 &= 69,24 \cdot X_1 \\ X_1 = 0 \text{ m} & \quad M_1 = 0 \text{ Nm} \\ X_1 = 0,105 \text{ m} & \quad M_1 = 69,24 \times 0,105 = 7,165 \text{ Nm} \end{aligned}$$



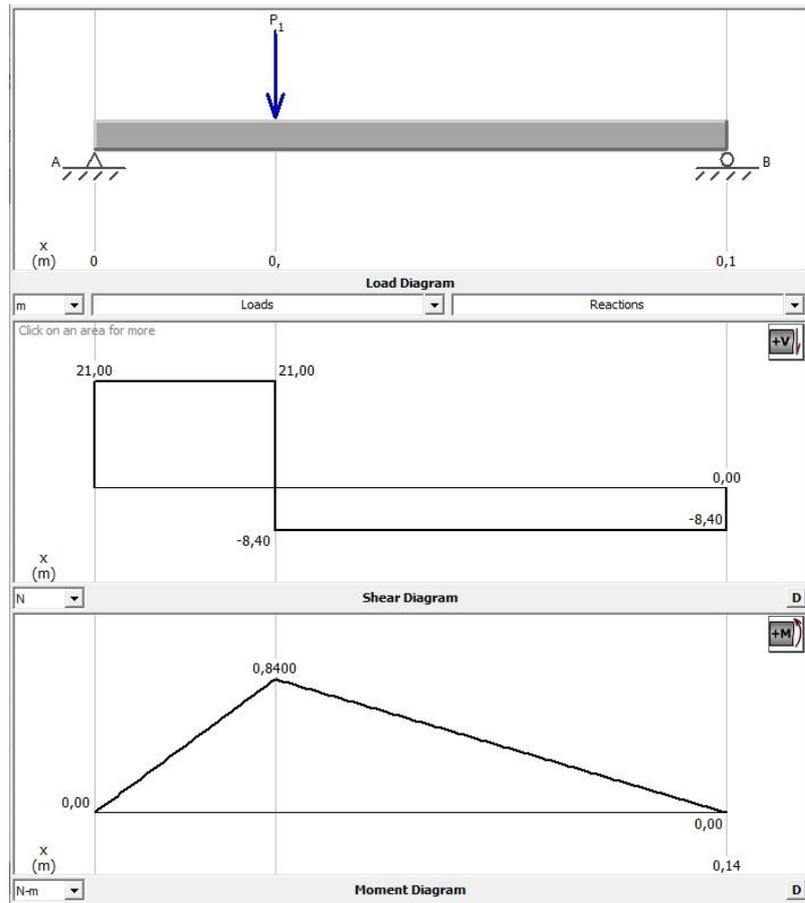
**Gambar 4.19** diagram momen sepanjang X2

$$\begin{aligned} \Sigma M &= 0 \\ F_{ax} \cdot (X_2 + 0,105) - F_{c1} \cdot X_2 - M_2 &= 0 \\ M_2 &= 69,24(0,105 + X_2) - 272,975X_2 \\ X_2 = 0 \text{ m} & \quad M_2 = 7,165 \text{ Nm} \\ X_2 = 0,12 \text{ m} & \quad M_2 = 0 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan didapatkan shear diagram dan moment diagram melalui aplikasi MD SOLID pada gaya-gaya horizontal dan vertikal.



**Gambar 4.20** Shear dan moment diagram horizontal



**Gambar 4.21** Shear dan moment diagram vertikal

Berdasarkan diagram pada gambar 4.20 dan 4.21 didapat bahwa momen bending terbesar ada pada titik D sehingga dapat dihitung momen vertikal di titik D dan dilanjutkan dengan menjumlahkan momen di titik D horizontal maupun vertikal.

$$\Sigma M = 0$$

$$Fay \cdot (X2 + 0,04) - W \cdot X2 - M2 = 0$$

$$M2 = 21(0,04 + X2) - 29,4X2$$

$$X2 = 0,065 \text{ m} \quad M2 = 21(0,04 + 0,065) - 29,4 \cdot 0,065 = 0,294 \text{ Nm}$$

$$M_{D \text{ eq}} = \sqrt{M_{D V}^2 + M_{D H}^2}$$

$$M_{D \text{ eq}} = \sqrt{0,294^2 + 7,165^2}$$

$$M_{D \text{ eq}} = 7,17 \text{ Nm}$$

Didapat nilai torsi dan momen yang bekerja pada poros

$$T = 6,824 \text{ Nm} = 60,39 \text{ lb.in}$$

$$M = 7,17 \text{ Nm} = 63,46 \text{ lb.in}$$

Tegangan pada poros akibat momen bending dan torsi.

Oleh  $M \rightarrow \sigma = \sigma_{\text{max, min}}$

$$= \pm \frac{M c}{I} = \frac{63,46 \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{64} d^4}$$

$$= \pm \frac{646,39}{d^3}$$

$$\text{Oleh } T \rightarrow \tau_{\max, \min} = \frac{T c}{j}$$

$$= \frac{60,39 \frac{d}{2}}{\frac{\pi}{32} d^4}$$

$$= \frac{307,56}{d^3}$$

$$\sigma_{\text{avg}} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$= \frac{\frac{646,39}{d^3} + \left(-\frac{646,39}{d^3}\right)}{2}$$

$$= 0$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$= \frac{\frac{646,39}{d^3} - \left(-\frac{646,39}{d^3}\right)}{2}$$

$$= \frac{646,39}{d^3}$$

$$\tau_{\text{avg}} = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2}$$

$$= \frac{\frac{307,56}{d^3} + \left(\frac{307,56}{d^3}\right)}{2}$$

$$= \frac{307,56}{d^3}$$

$$\tau_a = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{2}$$

$$= \frac{\frac{307,56}{d^3} - \left(\frac{307,56}{d^3}\right)}{2}$$

$$= 0$$

$$C_r = 1 - 0,08(\text{D.M.F})$$

$$= 1 - 0,08(1,28)$$

$$= 0,897$$

$$\text{D.M.F}(90\%) = 1,28$$

$$C_s = 0,85$$

Cf untuk AISI 1040 dengan Syp = 54 000 psi dan Su = 86 000 psi

$$C_f = 0,9 \rightarrow \text{fine ground}$$

$$C_w = 0,833$$

$$S'n = 0,5 S_u$$

$$= 0,5 \cdot 86000 = 43000 \text{ psi}$$

$$K_f = 1,6$$

$$K_{fs} = 1,3$$

$$S_e = C_r C_s C_f C_w \frac{1}{K_f} S'n$$

$$= 0,897 \times 0,85 \times 0,9 \times 0,833 \times \frac{1}{1,6} \times 43000$$

$$= 15361,98$$

$$N = 3$$

Untuk mencari diameter minimum yang aman bagi poros maka dipakailah persamaan teori kegagalan tegangan geser maksimum dari Soderberg + Von Mises (MSST)

$$\sqrt{\left(\sigma_{avg} + \frac{S_{yp}}{S_e} \sigma_a\right)^2 + 3\left(\tau_{avg} + K_{ft} \frac{S_{ys}}{S_{es}} \tau_a\right)^2} \leq \frac{S_{yp}}{N}$$

$$\sqrt{\left(0 + \frac{54000}{15361,98} \frac{646,39}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{307,56}{d^3} + \frac{54000}{15361,98} \cdot 0\right)^2} \leq \frac{54000}{3}$$

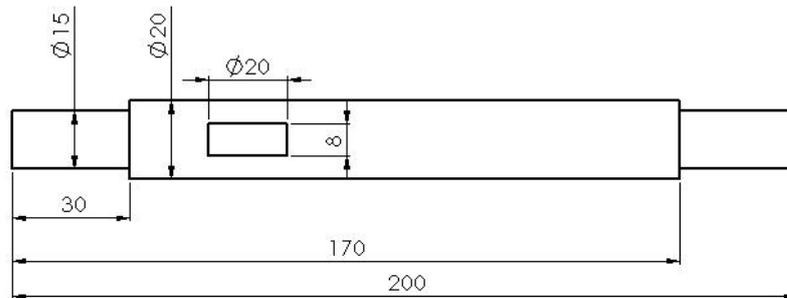
$$\frac{1}{d^3} 2333,799 \leq 18000$$

$$d \geq \sqrt[3]{0,129656}$$

$$d \geq 0,506 \text{ in}$$

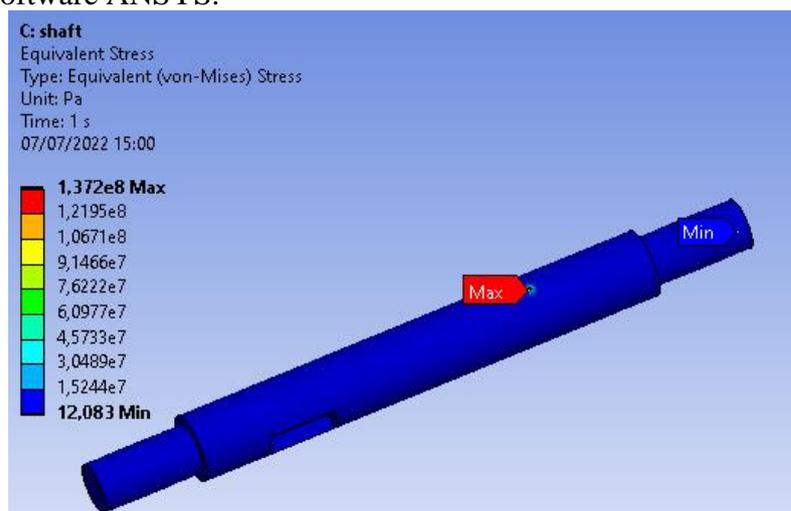
$$d \geq 12,85 \text{ mm}$$

Setelah dianalisa secara perhitungan manual didapatkan diameter poros minimal yaitu 12,85 mm. Sehingga didapat desain poros seperti gambar 4.22.

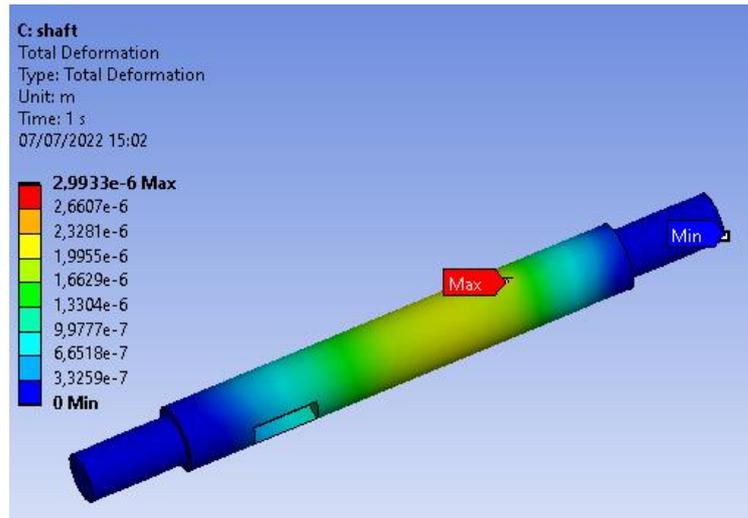


**Gambar 4.22** Desain poros beserta dimensinya

Setelah mendesain poros selanjutnya akan dilakukan analisa poros dengan menggunakan software ANSYS.



**Gambar 4.23** Analisa kekuatan material poros



**Gambar 4.24** Analisa defleksi poros

Setelah dilakukan analisa simulasi menggunakan ANSYS didapatkan nilai Tegangan Maximum *Von Mises* sebesar 137,2 Mpa dan nilai defleksi maksimum yaitu 0,0029 mm seperti yang ditunjukkan gambar 4.23 dan 4.24.

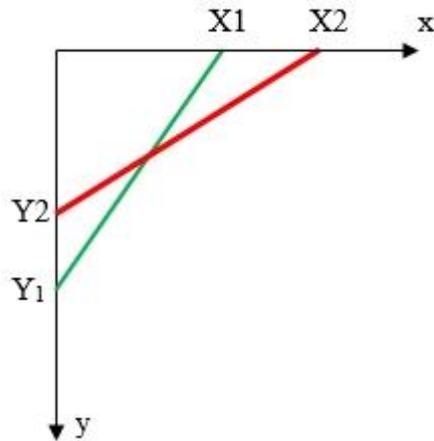
#### 4.9 Perancangan Mekanisme Beban Kayuh

Beban kayuh adalah komponen penting dalam rehabilitasi pasien pasca stroke. Kemampuan pasien pasca stroke mengayuh menentukan hasil dari rehabilitasi yang telah dilakukan pasien. Perubahan beban kayuh untuk pasien stroke dilakukan secara bertahap, bila kesehatan pasien membaik maka level shifter (beban kayuhan) ditambah, sehingga tegangan otot menurun (otot merenggang).

Konsep beban kayuh terpilih selanjutnya akan dirancang dan dihitung agar dapat mengetahui besarnya efek beban kayuh yang terjadi saat digunakan. Mekanisme beban kayuh konsep terpilih menggunakan sepatu rem dan drum sebagai sumber gesekan. Rancangan beban kayuh yang digunakan menggunakan rem tromol sepeda motor honda supra x 100 cc (Rachmadi, 2014) dan disesuaikan dengan kampas rem berbahan *woven cotton*/kapas tenun. Mekanisme ini bekerja dengan menarik tuas shifter yang terhubung dengan kawat dan terhubung juga dengan plat penggerak.

Tarikan kawat dari shifter akan menggerakkan plat penggerak menekan sepatu rem ke samping dan menarik pegas sehingga dapat didefinisikan gaya tarikan oleh shifter. Maka dapat dihitung pengaruh level *shifter* terhadap torsi yang dihasilkan dari proses pengereman. Berdasarkan katalog produk *misumi* didapat data pegas yang digunakan memiliki diameter luar (D) = 12 mm, Panjang (L) = 35 mm, diameter kawat (d) = 1,2 mm, dan koefisien pegas (k) = 1180 Nm

Meninjau mekanisme beban menggunakan plat penggerak maka bisa ditinjau plat penggerak dari salah satu sisi, sehingga gerak dari plat penggerak dapat dianalogikan dengan gambar 4.25



**Gambar 4.25** Analogi gerak plat penggerak

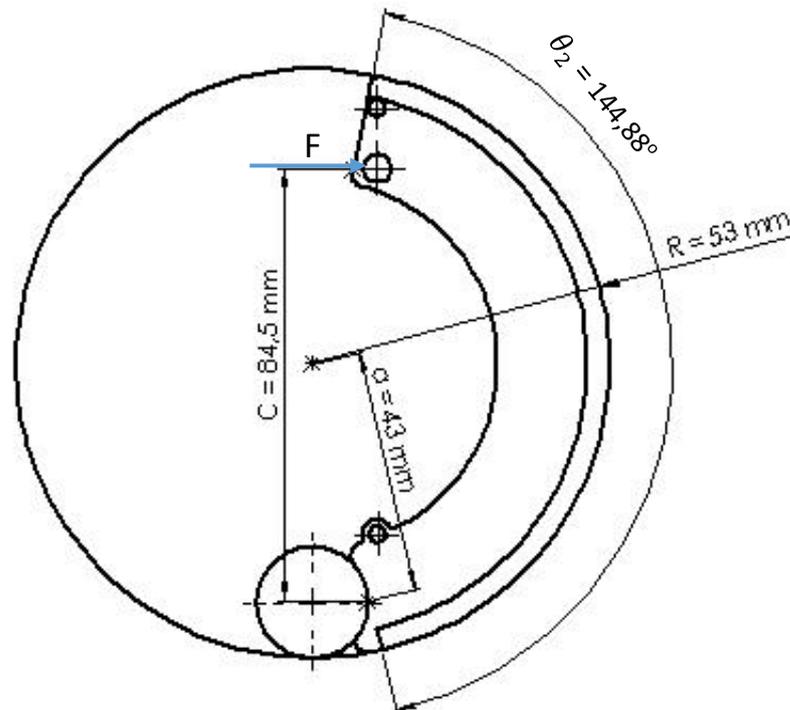
Plat penggerak yang terhubung dengan kawat akan bergerak secara vertikal ke arah atas sejauh  $\Delta y = (Y2 - Y1)$  sehingga ujung kanan atas plat penggerak akan bergerak secara horizontal sebesar  $\Delta x = (X1 - X2)$  dimana nilai  $\Delta x = \Delta y$ . Perpindahan shifter adalah  $23 \text{ mm} = 0,0023 \text{ m}$ , sehingga dapat ditentukan gaya yang bekerja pada sisi kanan sebagai berikut:

$$F = kx$$

$$F = 1180 \text{ N/m} \cdot 0,0023 \text{ m}$$

$$F = 2,7 \text{ N}$$

Karena plat penggerak sebelah kiri bergerak dengan nilai yang sama dengan plat penggerak sebelah kanan maka didapatkan nilai gaya yang sama. Kemudian setelah mengetahui gaya yang bekerja kita dapat mencari nilai torsi yang bekerja pada drum. Gambar FBD mekanisme beban dapat dilihat pada gambar 4.26



**Gambar 4.26** FBD mekanisme beban kayu

Menghitung momen gaya normal pada sepatu rem kiri:

Dengan nilai  $\theta_1 = 0^\circ$ ,  $\theta_2 = 154,88^\circ$ ,  $\theta_a = 90^\circ$  (karena sepatu rem panjang), dan lebar kampas rem  $b = 24 \text{ mm}$

$$M_{NL} = \frac{p_{aL}bra}{\sin\theta_a} \left( \frac{\pi}{180} \frac{\theta_2}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta_2 \right)$$

$$M_{NL} = \frac{p_{aL}(0,024 \text{ m})(0,053 \text{ m})(0,043 \text{ m})}{\sin 90^\circ} \left( \frac{\pi}{180} \frac{154,88^\circ}{2} - \frac{1}{4} \sin (2 \times 154,88^\circ) \right)$$

$$M_{NL} = 8,44 \times 10^{-5} p_{aL}$$

Menghitung momen gaya gesek pada sepatu rem kiri:

Dengan nilai  $\theta_1 = 0^\circ$  dan  $\theta_2 = 154,88^\circ$

$$M_{fL} = \frac{fp_{aL}br}{\sin\theta_a} \left( r(1 - \cos\theta_2) - \frac{a}{2} \sin^2\theta_2 \right)$$

$$M_{fL} = \frac{p_{aL}(0,47)(0,024 \text{ m})(0,053 \text{ m})}{\sin 90^\circ} \left( (0,053 \text{ m})(1 - \cos(154,88^\circ)) - \frac{(0,043)}{2} \sin^2(154,88^\circ) \right)$$

$$M_{fL} = 5,8 \times 10^{-5} p_{aL}$$

Masukkan nilai  $M_N$  dan  $M_f$  ke persamaan gaya

$$F = \frac{M_{NL} - M_{fL}}{c}$$

$$2,7 = \frac{8,44 \times 10^{-5} p_{aL} - 5,8 \times 10^{-5} p_{aL}}{0,0845}$$

$$p_{aL} = 8687,38 \text{ N/m}^2$$

$$T_L = \frac{fp_{aL}br^2}{\sin\theta_a} (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)$$

$$T_L = \frac{0,47 \times (8687,38 \text{ N/m}^2)(0,024)(0,053 \text{ m})^2}{\sin 90^\circ} (\cos 0^\circ - \cos 154,88^\circ)$$

$$T_L = 0,524 \text{ Nm}$$

Menghitung momen gaya normal pada sepatu rem kanan:

Dengan nilai  $\theta_1 = 0^\circ$  dan  $\theta_2 = 154,88^\circ$

$$M_{NR} = \frac{p_{aR}bra}{\sin\theta_a} \left( \frac{\pi}{180} \frac{\theta_2}{2} - \frac{1}{4} \sin 2\theta_2 \right)$$

$$M_{NR} = \frac{p_{aL}(0,024 \text{ m})(0,053 \text{ m})(0,043 \text{ m})}{\sin 90^\circ} \left( \frac{\pi}{180} \frac{154,88^\circ}{2} - \frac{1}{4} \sin (2 \times 154,88^\circ) \right)$$

$$M_{NR} = 8,44 \times 10^{-5} p_{aR}$$

Menghitung momen gaya gesek pada sepatu rem kanan:

Dengan nilai  $\theta_1 = 0^\circ$  dan  $\theta_2 = 154,88^\circ$

$$M_{fR} = \frac{fp_{aR}br}{\sin\theta_a} \left( r(1 - \cos\theta_2) - \frac{a}{2} \sin^2\theta_2 \right)$$

$$M_{fR} = \frac{p_{aR}(0,47)(0,024m)(0,053m)}{\frac{\sin 90^\circ}{(0,043)}} \left( (0,053m)(1 - \cos(154,88^\circ)) - \frac{(0,043)}{2} \sin^2(154,88^\circ) \right)$$

$$M_{fR} = 5,8 \times 10^{-5} p_{aR}$$

Masukkan nilai  $M_N$  dan  $M_f$  ke persamaan gaya

$$F = \frac{M_N + M_f}{c}$$

$$2,7 = \frac{8,44 \times 10^{-5} p_{aR} + 5,8 \times 10^{-5} p_{aR}}{0,0845}$$

$$p_{aR} = 1609,92 \text{ N/m}^2$$

$$T_R = \frac{f p_{aR} b r^2}{\sin \theta_a} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2)$$

$$T_R = \frac{0,47 \times (1601,12 \text{ N/m}^2) (0,024) (0,053m)^2}{\sin 90^\circ} (\cos 0^\circ - \cos 154,88^\circ)$$

$$T_R = 0,097 \text{ Nm}$$

$$T_{Total} = T_L + T_R$$

$$T_{Total} = 0,524 \text{ Nm} + 0,097 \text{ Nm}$$

$$T_{Total} = 0,6215 \text{ Nm}$$

Untuk pengaruh level shifter terhadap torsi lainnya dapat dilihat pada tabel 4.7

**Tabel 4.7** Torsi pada mekanisme beban kayu

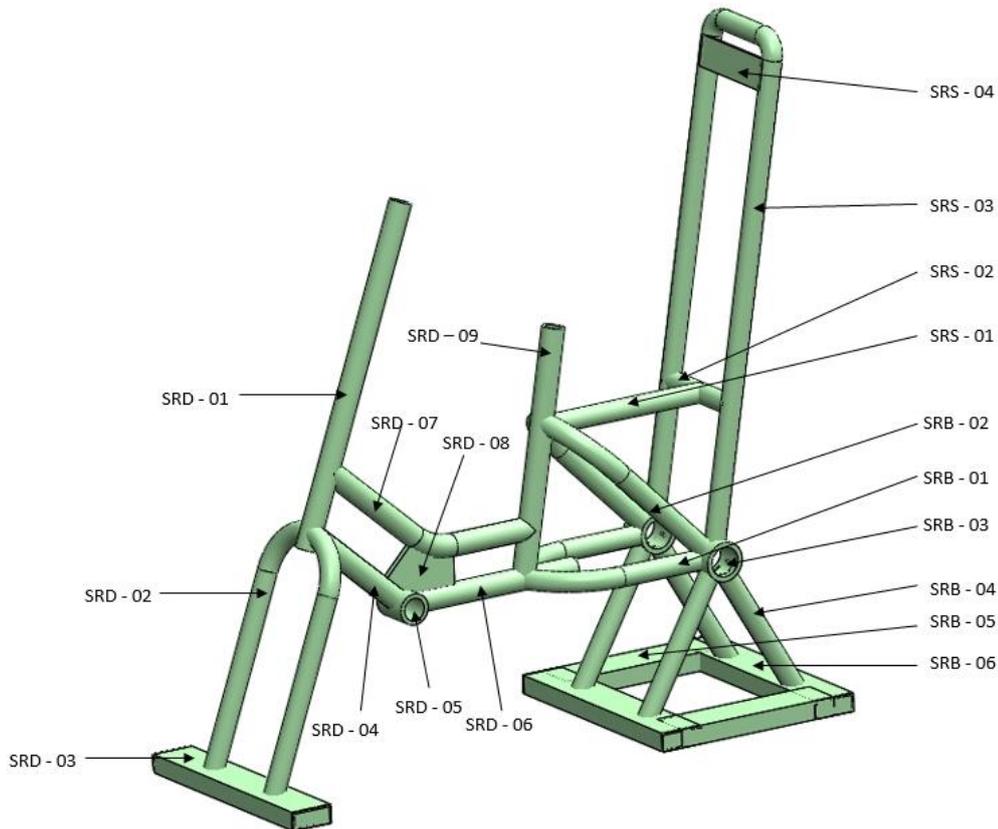
Level Shifter	T (Nm)
1	0.621502
2	1.243003
3	1.864505
4	2.486006
5	3.107508
6	3.729009
7	4.350511
8	4.972012
9	5.593514
10	6.215015

Dapat dilihat pada tabel bahwa torsi yang dibutuhkan pada shifter maksimum atau shifter no 10 adalah 6,21 Nm dan torsi maksimum pasien adalah 6,82 Nm sehingga beban kayu cocok digunakan oleh pasien pasca stroke.

**BAB 5**  
**PERANCANGAN PROSES MANUFAKTUR DAN PERAKITAN**

**5.1 Perancangan Proses Manufaktur Rangka Sepeda**

Pembuatan sepeda dimulai dari rangka depan, rangka belakang, dan sandaran. Material yang digunakan pada rangka adalah Aluminium Alloy 6061. Gambaran rancangan rangka keseluruhan dapat dilihat pada gambar 5.1



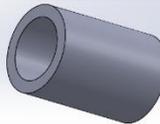
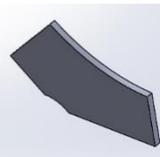
**Gambar 5.1** Sub komponen rangka

**A. Rangka Bagian Depan**

Rangka bagian depan terdiri dari 9 sub komponen dengan detail ukuran dan pengerjaan ditunjukkan oleh tabel 5.1

**Tabel 5.1** Nama dan proses pemesinan sub-rangka depan

Sub-komponen	Dimensi	Material	Proses	Mesin/Alat	Keterangan
SRD – 01 	Panjang 560 mm	Pipa AA 6061 diameter 36 mm dengan tebal 3 mm	Cutting Grinding	Circular saw Gerinda	Dikerjakan dengan proses cold working
SRD – 02	Panjang 460 mm	Pipa AA 6061 diameter 32 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Bending	Roll Bending	Dibengkokkan sepanjang 130

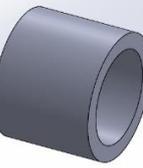
					mm dengan radius 83 mm
				Grinding	Gerinda
SRD – 03 	Panjang 400 mm	Pipa kotak AA 6061 panjang 70 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Grinding	Gerinda	
SRD – 04 	Panjang 410 mm	Pipa AA 6061 diameter 36 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Bending	Roll Bending	Dibengkokkan sepanjang 73 mm dengan radius 100 mm
			Grinding	Gerinda	
SRD – 05 	Panjang 200 mm	Pipa AA 6061 diameter 36 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Grinding	Gerinda	
SRD – 06 	Panjang 68 mm	Pipa AA 6061 diameter 50 mm dengan tebal 7 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Grinding	Gerinda	
SRD – 07 	Panjang 284 mm	Pipa AA 6061 diameter 36 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Grinding	Gerinda	
SRD - 08 	Panjang 100 mm dan lebar 100 mm	Plat AA 6061 tebal 5 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working Disesuaikan dengan bentuk pipa yang mengapit plat
SRD – 09	Panjang 400 mm	Pipa AA 6061 diameter 36 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Grinding	Gerinda	

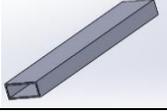
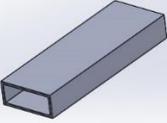
					
---	--	--	--	--	--

B. Rangka bagian belakang

Rangka bagian belakang terdiri dari 6 sub komponen dengan detail ukuran dan pengerjaan ditunjukkan oleh tabel 5.2

**Tabel 5.2** Nama dan proses permesinan sub-rangka belakang

Sub-komponen	Dimensi	Material	Proses	Mesin/Alat	Keterangan
SRB – 01 	Panjang 327 mm	Pipa AA 6061 diameter 32 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Bending	Roll Bending	Dibengkokkan sepanjang 158mm dengan radius 137 mm
			Grinding	Gerinda	Total 2 Buah
SRB – 02 	Panjang 396 mm	Pipa AA 6061 diameter 32 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Bending	Roll Bending	Dibengkokkan sepanjang 166 mm dengan radius 120 mm
			Grinding	Gerinda	Total 2 Buah
SRB – 03 	Panjang 50 mm	Pipa AA 6061 diameter 63 mm dengan tebal 8 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Grinding	Gerinda	Total 2 buah
			Threading	Pipe thread	M47x1,75
SRB – 04 	Panjang 245 mm	Pipa AA 6061 diameter 32 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Grinding	Gerinda	Total 4 buah
SRB – 05	Panjang 400 mm	Pipa kotak AA 6061 panjang 70	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working

		mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm	Grinding	Gerinda	Total 2 buah
SRB – 06 	Panjang 207 mm	Pipa kotak AA 6061 panjang 70 mm, lebar 30 mm, dan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
Grinding			Gerinda	Total 2 buah	

### C. Rangka Bagian Sandaran

Rangka bagian sandaran terdiri dari 4 sub komponen dengan detail ukuran dan pengerjaan ditunjukkan oleh tabel 5.3

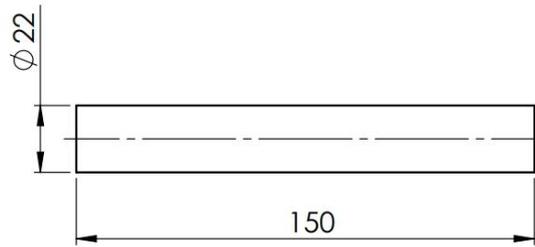
**Tabel 5.3** Nama dan proses pemesinan sub-rangka sandaran

Sub-komponen	Dimensi	Material	Proses	Mesin/Alat	Keterangan
SRS – 01 	Panjang 172 mm	Pipa diameter 32 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
Grinding			Gerinda		
SRS – 02 	Panjang 278 mm	Pipa diameter 32 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
Grinding			Gerinda		
SRS – 03 	Panjang 953 mm	Pipa AA 6061 diameter 32 mm dengan tebal 3 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working
			Bending	Roll Bending	Dibengkokkan di kedua sisi dengan radius 30 mm sepanjang 47 mm dan jarak antar bengkokan 172 mm.
Grinding	Gerinda	Total 2 Buah			
SRS – 04 	Panjang 172 mm dan lebar 150 mm	Plat AA 6061 tebal 5 mm	Cutting	Circular saw	Dikerjakan dengan proses cold working

## 5.2 Perancangan Proses Manufaktur Poros

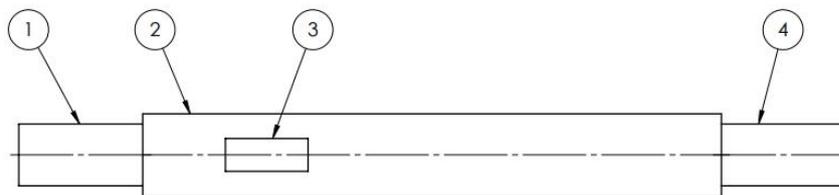
Setelah pembuatan rangka selesai maka dilanjutkan dengan pembuatan poros yang menjadi salah satu komponen utama dalam sepeda stasioner. Proses pembuatan poros menggunakan proses proses *center drill*, *turning* dan *milling*. Untuk *turning* dan *center drill* menggunakan mesin bubut. Sedangkan untuk proses *milling* menggunakan mesin frais. Material pada proses

pembuatan poros yaitu Steel AISI 1040 dengan diameter 22 mm dan Panjang 150 mm ditunjukkan pada gambar 5.2.



**Gambar 5.2** Dimensi awal poros

Untuk proses awal batang poros melalui proses turning menjadi diameter 20 mm. Proses pembuatan poros diterangkan bagian dan prosesnya pada gambar 5.3 dan tabel 5.4



**Gambar 5.3** Komponen poros

**Tabel 5.4** Nama dan proses pemesinan komponen poros

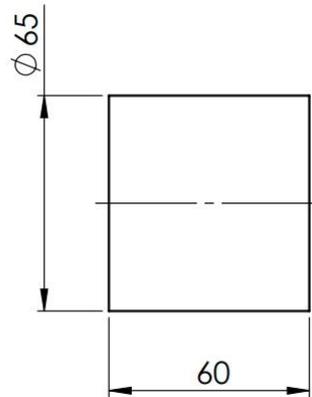
Komponen	No Proses	Proses	Dimensi
POROS	1	Turning	D = 15 mm
			L = 30 mm
	2	Turning	D = 20 mm
			L = 140 mm
	3	Milling	P = 20 mm
			L = 8 mm
			T = 6 mm
	4	Turning	D = 15 mm
L = 30 mm			

Pada proses nomor 1, toleransi suaian pas (*force fit*) sebesar H7/m6 karena pada bagian tersebut merupakan sambungan antara *bearing* dan poros dimana bagian dalam bearing nantinya akan ikut berputar pada saat poros berputar. Pada proses nomor 2, toleransi suaian pas (*close sliding fit*) sebesar H7/j6 karena pada bagian tersebut merupakan sambungan antara *drum* dan poros dimana bagian drum berputar saat poros berputar dan dihubungkan dengan pasak. Pada proses nomor 3, toleransi suaian longgar (*fit with big clearance and tolerance*) sebesar H11/c11 di terapkan karena pada bagian poros nomor 3 merupakan rumah untuk pasak yang nanti berguna untuk menggerakkan drum. Semua suaian yang digunakan diatas merupakan suaian basis Lubang.

## 5.2 Perancangan Proses Manufaktur Rumah Bearing

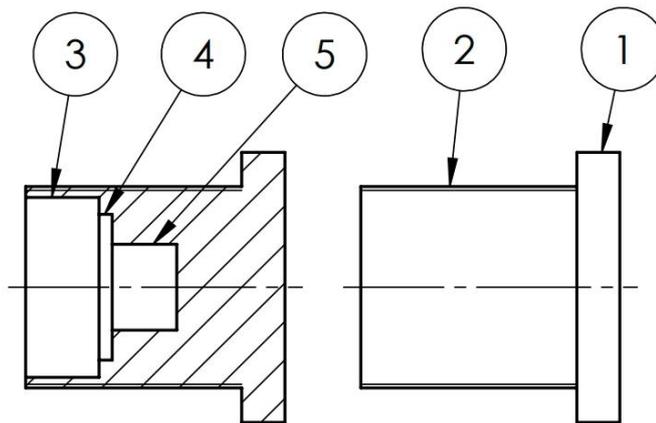
Poros disambungkan dengan bearing dengan ukuran diameter dalam 15 mm, diameter luar 42 mm, lebar 17 mm, memiliki seri 62302-2RS1, dan berbahan stainless steel. Rumah bearing diperlukan untuk menjaga posisi bearing tidak berubah saat poros bergerak. Sehingga dirancanglah rumah bearing seperti gambar 5.3 Proses pembuatan poros menggunakan proses

proses *center drill*, *turning* dan *milling*. Untuk *turning* dan *center drill* menggunakan mesin bubut. Sedangkan untuk proses *milling* menggunakan mesin frais. Material pada proses pembuatan poros yaitu Steel Aluminum Alloy 6061 dengan diameter 65 mm dan Panjang 60 mm ditunjukkan pada gambar 5.4.



**Gambar 5.4** Dimensi awal rumah bearing

Untuk proses awal batang rumah bearing melalui proses *turning* menjadi diameter 63 mm. Proses pembuatannya akan diterangkan pada gambar 5.5 dan tabel 5.5



**Gambar 5.5** Komponen rumah bearing

**Tabel 5.5** Nama dan proses pemesinan komponen rumah bearing

Komponen	No Proses	Proses	Dimensi
RUMAH BEARING	1	Turning	D = 63 mm
			L = 10 mm
	2	Turning	D = 47 mm
			L = 50 mm
	3	Boring	D = 42 mm
			L = 17 mm
	4	Boring	D = 34 mm
			L = 3 mm
	5	Boring	D = 20 mm
			L = 15 mm

Pada proses nomor 2, toleransi suaian pas (*Close sliding fit*) sebesar H7/j6 karena pada bagian poros nomor 2 merupakan sambungan antara rumah bearing dengan rumah roda(SRB-03). Pada proses nomor 3, diterapkan suaian sesak (*medium press fit*) sebesar H7/p6 karena pada bagian tersebut merupakan sambungan antara bearing dan rumah bearing dimana bagian luar bearing harus rapat dengan rumah bearing dan tidak ikut berputar saat poros berputar. Semua suaian yang digunakan diatas merupakan suaian basis Lubang.

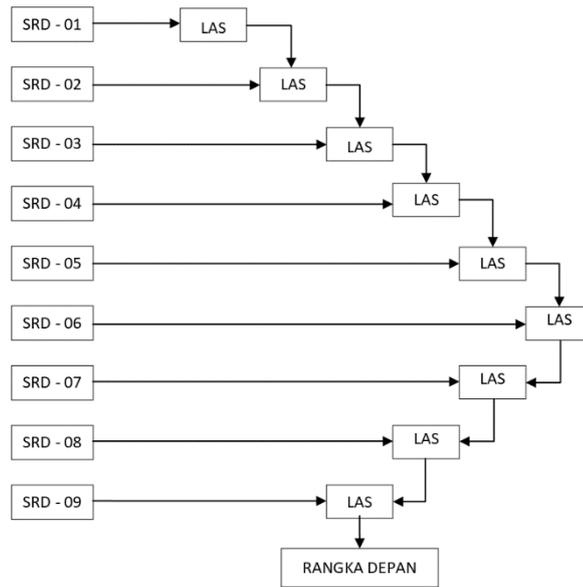
### 5.3 Perancangan Perakitan Sepeda Stasioner

Setelah perancangan proses manufaktur maka dilanjutkan kepada perancangan perakitan. Perakitan menyatukan semua komponen menjadi suatu sepeda yang utuh, mulai dari rangka sepeda hingga beban kayuh sepeda yang terdapat pada tabel 5.6

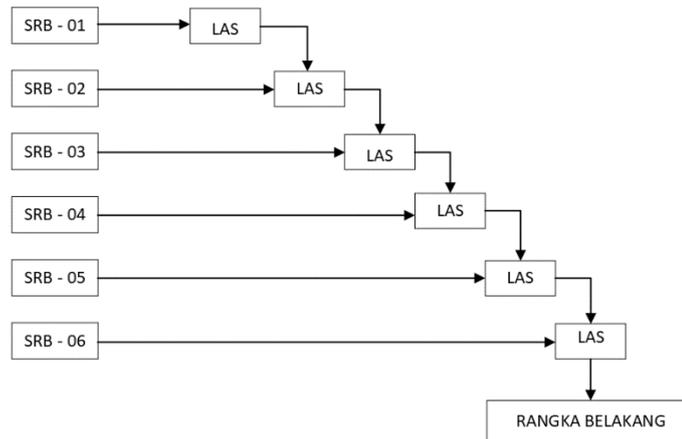
**Tabel 5.6** Komponen-komponen sepeda stasioner

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	Rangka sepeda	1	Desain dan machining sendiri
2	Shifter	2	Beli
3	Stang	1	Beli
4	Stem	1	Beli
5	Pedal	2	Beli
6	Poros	1	Desain dan machining sendiri
7	Rantai	1	Beli
8	Saddle	1	Beli
9	Bantal sandaran	1	Beli
10	Crankset	1	Beli
11	Bearing	2	Beli
12	Gear cassette	1	Beli
13	Bearing house	2	Design dan machining sendiri
14	Rem Tromol motor honda supra x 100 cc	1	Beli

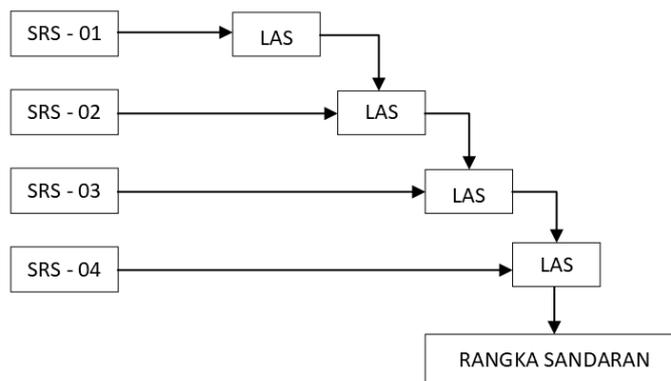
Proses perakitan dijabarkan secara singkat menggunakan diagram perakitan yang ditunjukkan pada gambar berikut:



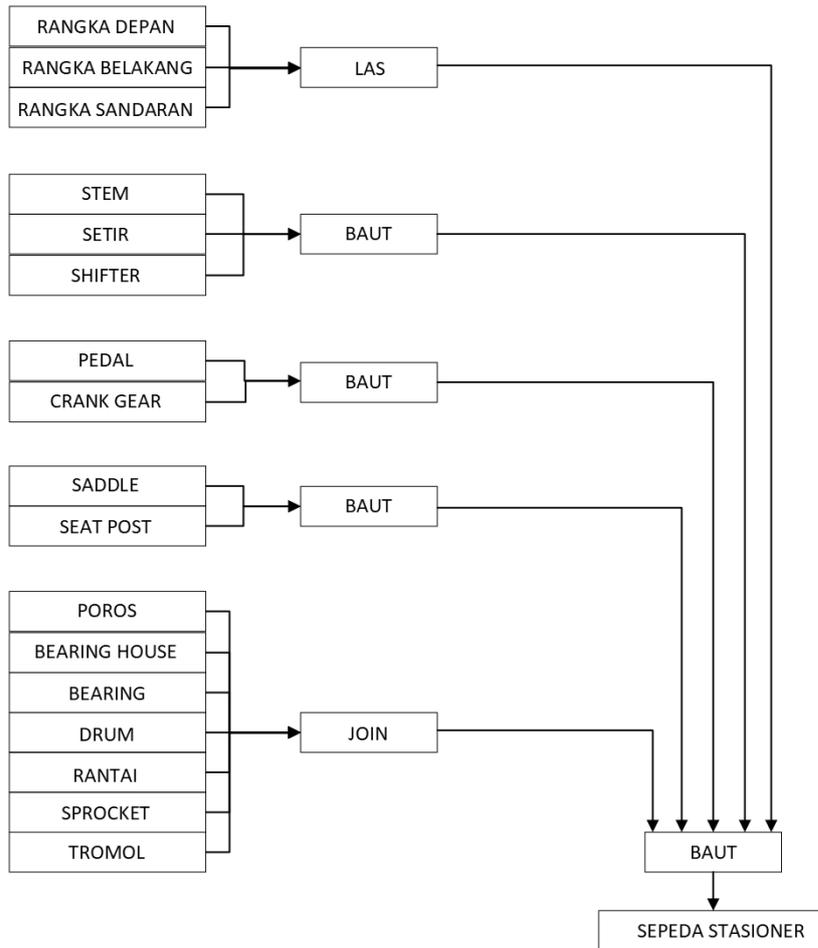
**Gambar 5.6** Diagram perakitan rangka depan



**Gambar 5.7** Diagram perakitan rangka belakang



**Gambar 5.8** Diagram perakitan rangka sandaran



**Gambar 5.9** Diagram alir perakitan sepeda stasioner

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan sepeda stasioner memiliki dimensi total sebagai berikut:

Jenis	Nilai
Panjang Total	1020mm
Lebar Total	400 mm
Tinggi Total	1078 mm

Dengan beban 100 kg, analisa kekuatan material pada rangka sepeda pasca stroke menunjukkan hasil setegangan maksimum Von Misses terjadi pada pada titik I sebesar 11,6 Mpa dan didapatkan nilai *Safety factor* 12,97. Defleksi maksimum terjadi pada sandaran sebesar 0,18 mm. Analisa RULA didapatkan nilai 3. Sehingga material *Alumunium 6061* aman digunakan untuk rangka sepeda pasca stroke.

2. Analisa beban kayuh konsep terpilih atau konsep B didapatkan nilai torsi minimal 0,62 Nm dan nilai maksimal 6,21 Nm. Torsi maksimum yang dapat dihasilkan oleh pasien pasca stroke adalah 6,82 Nm, sehingga dengan beban kayuh konsep A pasien dapat menggunakannya hingga level shifter ke 10.

### 6.2 Saran

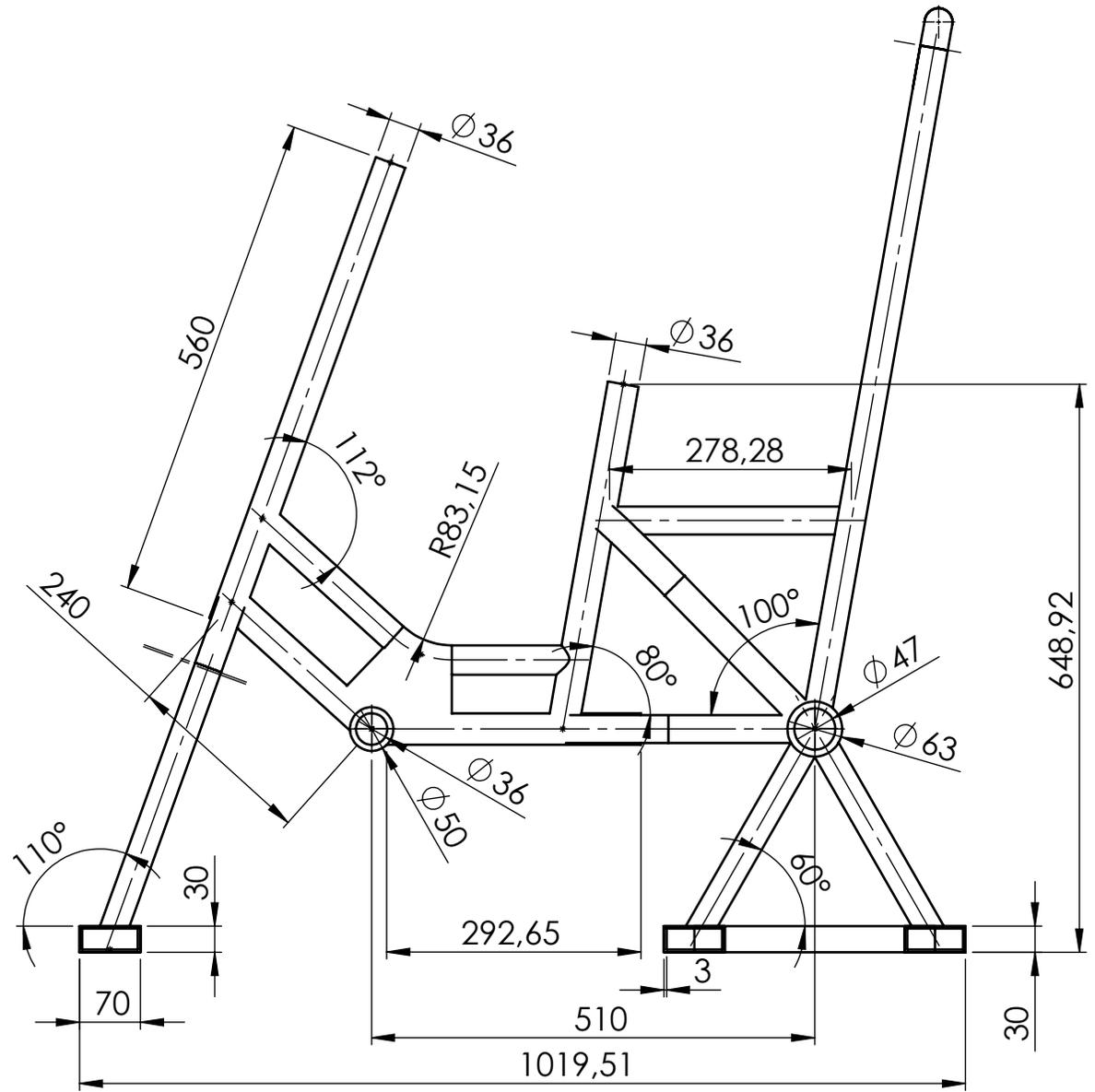
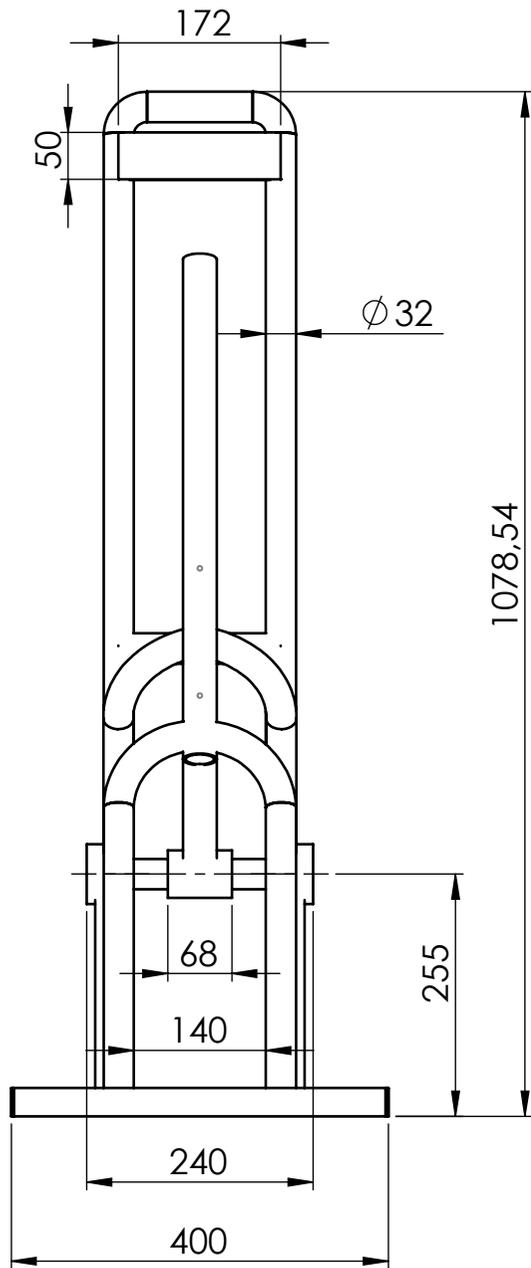
Dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangn dalam penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Data yang diambil untuk pembuatan sepeda stasioner bagi pasien pasca stroke haruslah melalui dokter spesialis di bidangnya sehingga geometri sepeda dapat terkontrol dan cocok bagi pasien, serta data minimal kuesioner adalah 30 responden yang meliputi dokter, fisioterapis, dan pasien pasca stroke(Sugiyono, 2009).
2. Dalam pengembangan selanjutnya dapat dilakukan pembuatan sepeda serta perlu dilakukan pengujian sesuai standar yang berlaku sebagai berikut:
  - Uji stabilitas mengacu pada British Standard EN 957-5 : 2009
  - Pengujian kemiringan kursi mengacu pada British Standard EN 957-5 : 2009
  - Pengujian stang mengacu pada British Standard EN 957-5 : 2009
  - Pengujian sandaran mengacu pada British Standard EN 957-5 : 2009Pengujian dilakukan untuk menentukan bahwa konsep terpilih yang dibuat nantinya aman digunakan oleh pasien pasca stroke(CEN,2009).
3. Setelah dilakukan pembuatan sepeda maka dapat diberikan beberapa alat yang dapat memonitor pasien pasca stroke saat melakukan rehabilitasi seperti alat ukur detak jantung dan oxygen menggunakan oxymeter dan alat ukur tekanan darah menggunakan tensimeter yang diintegrasikan dengan software android. Hal ini agar dokter dapat memonitor keadaan dan perkembangan pasien saat rehabilitasi tanpa pasien perlu ke rumah sakit.
4. Ketika menggunakan produk ini sebaiknya mengikuti arahan dari dokter spesialis rehabilitasi berdasarkan standar rehabilitasi dan recovery pasien pasca stroke dewasa(Carolee et. al.,2016)

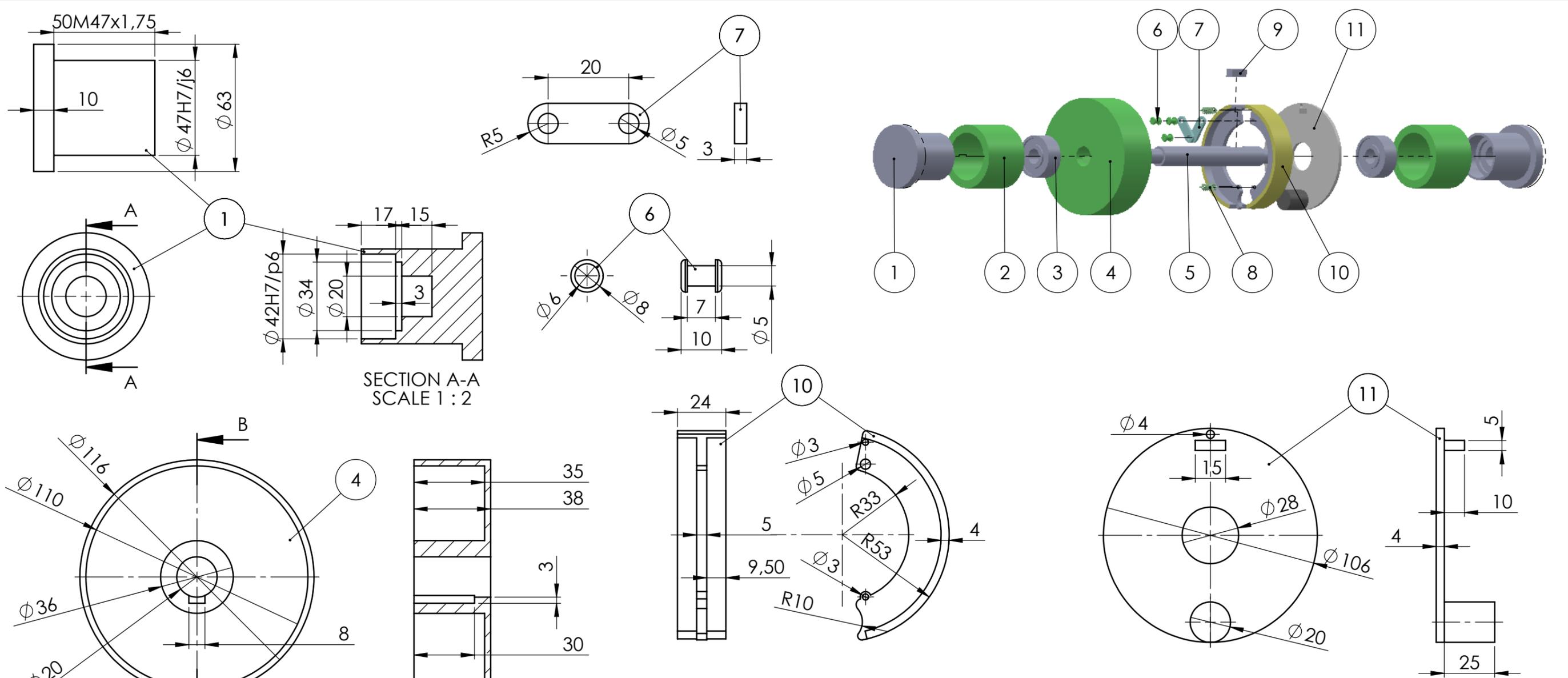
## DAFTAR PUSTAKA

- Batan, I Made Londen. (2012). *Desain Produk*, Edisi Pertama. Guna Widya, Surabaya.
- Budynas et.al. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design Ninth Edition*.
- Callister, William D. (2007). *Material Science and Engineering An Introduction*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Carolee. et.al. (2016). *Guidelines for Adult Stroke Rehabilitation and Recovery*.
- CEN. (2009). *Stationary Training Equipment – Part 5: Stationary Exercise Bicycles and Upper Body Crank Training Equipment, Additional Specific Safety Requirement and Test Method*.
- Deutchman et.al. (1975). *Machine Design Theory and Practice*.
- Febritasari, Rosadila. (2021). *Sepeda Roda Tiga Pasca Stroke dengan Mekanisme Penggerak Elektrik untuk Memudahkan Mobilitas Penderita Stroke*.
- Kurniawan, Muhammad Sulthoni. (2020) *Pengembangan Mekanisme Penggerak Roda Belakang SERAITS*.
- Khurmi et.al. (2005). *Machine Design*
- Kroemer et.al. (2000). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*
- Luthfianto, Heri. (2016). *Pengujian Sepeda Pasca Stroke untuk Pasien Stroke di Rumah Sakit Haji Surabaya*
- McAtamney, L. & Corlett, E.N., (1993), *RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*, *Applied Ergonomics*
- Misumi-ec.com. (2022, 18 Januari). <https://id.misumu-ec.com/vona2/mech/M1200000000/M1202000000/>
- My-best.id. (2021, 28 Oktober). *10 Rekomendasi Sepeda Fitness (Spinning Bike) Terbaik*.
- Pasaribu, Giovanni Aristo Parlindungan. (2022). *Terapi Kayuh Dengan Mengimplementasikan Prosedur Terapi Stroke Menggunakan Sepeda Roda Tiga Sebagai Upaya Pencapaian Kebugaran Penderita Stroke*.
- Rachmadi, Dimas Tofa.(2014). *Kajian Unjuk Kerja Pengereman Depan dengan Cakram dan Belakang dengan Tromol pada Sepeda Motor Gas Wisanggeni*
- Raditya, Ray. (2019). *Rancang Bangun Sepeda Roda Tiga Untuk Pasien Pasca Stroke*.
- Sepeda.me(2022, 18 Januari). [www.sepeda.me/parts/drivetrain-sepeda/cara-kerja-derailleur-pada-sepeda.html](http://www.sepeda.me/parts/drivetrain-sepeda/cara-kerja-derailleur-pada-sepeda.html)
- Sugiyono. (2009). *Metoda Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Thehomegym.co.uk.(2022,18 Januari) *What are the Different Types of Exercise Bike Resistance?*.
- Wibowo, Heri Luthfianto Satrio. (2016). *Pengujian Sepeda Pasca Stroke Untuk Pasien Stroke di Rumah Sakit Haji Surabaya*.

## LAMPIRAN



	SKALA : 1 : 8	DIGAMBAR : REYNALDI YANUARIZKY	PERINGATAN:	
	UKURAN : dalam mm	NRP : 0211174000036		
	TANGGAL : 01-07-2022	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN		
TEKNIK MESIN ITS	RANGKA SEPEDA		No. 1	A 4



11	1	RUMAH REM	CAST IRON	TERLAMPIR	
10	2	SEPATU REM	CAST IRON	TERLAMPIR	43130-KZL-930
9	1	PASAK	STAINLESS STEEL	TERLAMPIR	
8	2	PEGAS	SWP-A	D : 12 mm L : 35 mm d : 1,2 mm	AWY-12-35
7	2	PLAT PENGGERAK	STAINLESS STEEL	TERLAMPIR	
6	3	PIN	STAINLESS STEEL	TERLAMPIR	
5	1	POROS	AISI 1040	TERLAMPIR	
4	1	DRUM	CAST IRON	TERLAMPIR	
3	2	BEARING	STAINLESS STEEL	Do : 42 mm Di : 15 mm	62302-2RS1
2	2	RANGKA BELAKANG (SRB-3)	AA 6061	Di : 47	
1	2	RUMAH BEARING	AA 6061	TERLAMPIR	
No	JUMLAH	NAMA BAGIAN	BAHAN	UKURAN	KETERANGAN

	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : REYNALDI YANUARIZKY	PERINGATAN :		
	UKURAN : dalam mm	NRP : 0211174000036			
	TANGGAL : 20-07-2022	DILIHAT : I MADE LONDEN BATAN			
TEKNIK MESIN ITS		GAMBAR DETAIL SUSUNAN		No. 2	A3

## BIODATA PENULIS



**Reynaldi Yanuarizky**, anak keempat dari empat bersaudara, putra dari pasangan Bapak Loekita Bachtiar Yahya(Alm) dan Ibu Chasanatyn ,lahir di Pamekasan, 18 Januari 1999. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Jung Cang-Cang II, SMPN 1 Pamekasan, dan SMAN 1 Pamekasan. Setelah lulus dari jenjang SMA pada tahun 2017, penulis diterima di jurusan Teknik Mesin FTIRS ITS dengan NRP 02111740000036.

Semasa kuliah, penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Produksi dan menjadi Asisten Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk(P3). Penulis sempat aktif dalam organisasi Youth Community Indonesia, yaitu komunitas yang mengajak para pemuda/i Indonesia untuk mengembangkan potensi dan menyalurkan minat dan bakat guna mempersiapkan pemuda/i dalam menyambut bonus demografi. Penulis dipercaya sebagai ketua cabang Pulau Jawa 4. Apabila terdapat pesan atau informasi yang hendak disampaikan kepada penulis, dapat melalui email: [reynaldiyanuarizky1899@gmail.com](mailto:reynaldiyanuarizky1899@gmail.com)