



**TUGAS AKHIR (TM 184835)**

# **RANCANG BANGUN SEPEDA RODA TIGA UNTUK PASIEN PASCA STROKE**

**RAY RADITYA**  
NRP. 02111240000157

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

Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk  
Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]



**FINAL PROJECT - TM 141585**

# **THREE-WHEEL DESIGNED BIKE FOR POST STROKE PATIENT**

RAY RADITYA  
NRP. 0211124000157

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

Product Design and Development Laboratory  
Mechanical Engineering Department  
Faculty of Industrial Technology  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2019

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]

# RANCANG BANGUN SEPEDA RODA TIGA UNTUK PASIEŒ PASCA STROKE

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RAY RADITYA**

NRP. 02111240000157

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ing. Jr. I Made Londen Batan, M.Eng  
NIP. 195811061986011002
2. Arif Wahjudi, ST, MT, PhD,  
NIP. 197303222001121001
3. M. Khoirul Effendi, ST, MSc.Eng  
NIP. 198204142010121001

(Pembimbing)

(Penguji I)

(Penguji II)

SURABAYA  
JANUARI, 2019



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	
DAFTAR GAMBAR .....	
DAFTAR TABEL .....	
KATA PENGANTAR .....	
BAB 1 PENDAHULUAN .....	
1.1 Latar Belakang .....	
1.2 Perumusan Masalah.....	
1.3 Tujuan Tugas Akhir .....	
1.4 Batasan Masalah .....	
1.5 Manfaat Penelitian .....	
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	
2.1 Rehabilitasi Pasca Stroke.....	
2.1.1 Sepeda Statis .....	
2.1.2 Treadmill.....	
2.2 Dinamika Kendaraan.....	
2.3 Teori Kegagalan.....	
2.3.1 Teori Tegangan Geser Maksimum (Tresca) .....	
2.3.2 Teori Tegangan Normal Maksimum (Rankine) .....	
2.3.3 Teori Regangan Normal Maksimum .....	
2.4 Analisis RULA.....	
BAB 3 METODE PENELITIAN .....	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	
3.2 Langkah – Langkah Penelitian.....	
3.2.1 Studi Literatur .....	
3.2.2 Kajian Produk Eksisting .....	
3.2.3 Identifikasi dan perumusan masalah.....	
3.2.4 Pembuatan Konsep Sepeda .....	
3.2.5 Analisis RULA.....	
3.2.6 Analisis Kekuatan Material.....	
3.2.7 Pembuatan Detail Gambar Teknik .....	
3.2.8 Pembuatan Rangka Sepeda .....	
3.2.9 Uji dan Evaluasi Fungsi.....	

3.2.10	Kesimpulan dan Saran .....	
BAB 4 PENGEMBANGAN SEPEDA PASCA STROK .....		
BAB IV .....		
4.1	Daftar Kebutuhan ( <i>List of Requirement</i> ) .....	
4.2	Kajian Produk Eksisting .....	
4.3	Rancangan Sepeda Pasca Stroke .....	
4.4	Analisa RULA .....	
4.5	Bagian-Bagian Utama Sepeda .....	
4.5.1	Rangka Sepeda .....	
4.5.2	Penggerak Roda Belakang .....	
4.5.3	Crank .....	
4.5.4	Stang sepeda .....	
4.5.5	Sistem Pengereman .....	
BAB 5 PEMBUATAN, PERAKITAN, DAN PENGUJIAN SEPEDA PASCA STROKE .....		
5.1	Pembuatan, Perakitan dan Uji Fungsi Prototype Sepeda .....	
5.1.1	Pembuatan dan Perakitan Prototype .....	
5.2	Perakitan Sepeda Pasca Stroke .....	
5.3	Uji Fungsi <i>Prototype</i> Sepeda Pasca Stroke .....	
5.3.1	Uji Fungsi Kemudi .....	
5.4	Evaluasi .....	
6 KESIMPULAN DAN SARAN .....		
6.1	Kesimpulan .....	
6.2	Saran .....	
DAFTAR PUSTAKA .....		

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1. 1</b> Sepeda pasca stroke rancangan Agus (2017). .....	20
<b>Gambar 2. 1</b> Sepeda statis yang digunakan unit rehabilitasi RSUD Dr. Soetomo [Chandra 2016] .....	24
<b>Gambar 2. 2</b> Treadmill milik laboratorium P3 Teknik Mesin ITS. ....	25
<b>Gambar 2. 3</b> Kinematika kendaraan belok [7] .....	25
<b>Gambar 2. 4</b> Kondisi ketika kendaraan belok [7].....	26
<b>Gambar 2. 5</b> Penentuan nilai RULA untuk grup A[McAtamney, 1993].....	30
<b>Gambar 2. 6</b> Skoring untuk RULA .....	34
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram alir pengembangan sepeda pasca stroke.	35
<b>Gambar 4. 1</b> Sepeda Pasca Stroke buatan Agus (2017).....	41
<b>Gambar 4. 2</b> Posisi tangan saat belok ke arah kanan.....	42
<b>Gambar 4. 3</b> Sepeda Pasca Stroke Konsep Delta .....	43
<b>Gambar 4. 4</b> Geometri Rancangan Sepeda Pasca Stroke, (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) tampak belakang .....	44
<b>Gambar 4. 5</b> Rangka Utama Sepeda Pasca stroke.....	45
<b>Gambar 4. 6</b> Analisa RULA ketika jalan lurus .....	47
<b>Gambar 4. 7</b> Analisa RULA ketika jalan belok .....	48
<b>Gambar 4. 8</b> Rangka Utama Sepeda Pasca Stroke .....	50
<b>Gambar 4. 9</b> Dimensi Rangka Utama Sepeda Pasca Stroke, (a) Dimensi tampak atas, (b) Dimensi tampak samping .....	51
<b>Gambar 4. 10</b> Free Body Diagram Rangka Sepeda.....	52
<b>Gambar 4. 11</b> Titik maksimum tegangan Von-Misses .....	55
<b>Gambar 4. 12</b> Komponen Penggerak Roda .....	56
<b>Gambar 4. 13</b> Dimensi Poros .....	58
<b>Gambar 4. 14</b> Free Body Diagram Poros.....	59
<b>Gambar 4. 15</b> Bidang Vertikal Poros .....	60
<b>Gambar 4. 16</b> Diagram Geser (Vertical).....	61
<b>Gambar 4. 17</b> Diagram Momen (Vertical).....	61



<b>Gambar 4. 18</b>	Bidang Horisontal Poros .....	61
<b>Gambar 4. 19</b>	Diagram Geser (Horizontal).....	62
<b>Gambar 4. 20</b>	Diagram Momen (Horizontal).....	63
<b>Gambar 4. 21</b>	Hasil Simulasi Analisa Faktor Keamanan Poros	66
<b>Gambar 4. 22</b>	Hasil Simulasi Defleksi Poros.....	66
<b>Gambar 4. 23</b>	Dimensi Hub .....	67
<b>Gambar 5. 1</b>	Sub Komponen Rangka Depan .....	70
<b>Gambar 5. 2</b>	Sub Komponen Rangka Belakang.....	71
<b>Gambar 5. 3</b>	Hasil dari Pembuatan Rangka Utama .....	72
<b>Gambar 5. 4</b>	(a) Rancangan Komponen Penegar, (b) Hasil manufaktur Penegar .....	73
<b>Gambar 5. 5</b>	(a) Sub Komponen Rangka Pengikat Sandaran, (b) hasil manufaktur Rangka Pengikat sandaran.....	74
<b>Gambar 5. 6</b>	Sub Komponen Rangka Pengikat Penegar .....	75
<b>Gambar 5. 7</b>	Komponen Poros .....	76
<b>Gambar 5. 8</b>	Proses Turning .....	78
<b>Gambar 5. 9</b>	Komponen Hub .....	78
<b>Gambar 5. 10</b>	Hasil Dari Pembuatan Hub .....	79
<b>Gambar 5. 11</b>	Proses Pengelasan Pipa.....	81
<b>Gambar 5. 12</b>	Diagram Perakitan Rangka Depan .....	81
<b>Gambar 5. 13</b>	Diagram Penegar dan Pengikat Sandaran .....	82
<b>Gambar 5. 14</b>	Diagram Perakitan Rangka Belakang .....	82
<b>Gambar 5. 15</b>	Diagram Pengikat Penegar.....	82
<b>Gambar 5. 16</b>	Diagram Alir Perakitan Sepeda Pasca Stroke ....	83
<b>Gambar 5. 17</b>	Prototype Sepeda Pasca Stroke .....	84
<b>Gambar 5. 18</b>	Pengujian jalan Lurus .....	85
<b>Gambar 5. 19</b>	Pengujian jalan Belok.....	85
<b>Gambar 5. 20</b>	Pengujian jalan Zig-zag .....	86

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1. 1</b> Peningkatan jumlah kayuhan [2] .....	18
<b>Tabel 2. 1</b> Tegangan tarik dan tekan pada berbagai material.....	28
<b>Tabel 2. 2</b> Tahapan aplikasi metode RULA [McAtamney, 1993] .....	29
<b>Tabel 2. 3</b> Tabel RULA bagian A [McAtamney, 1993] .....	31
<b>Tabel 2. 4</b> Tabel RULA Bagian B [McAtamney,1993] .....	32
<b>Tabel 2. 5</b> Tabel RULA bagian C [McAtamney, 1993] .....	33
<b>Tabel 2. 6</b> Nilai tingkat resiko cedera.....	33
<b>Tabel 4. 1</b> List Of Requirement Sepeda pasca stroke tahun 2018 .....	39
<b>Tabel 4. 2</b> Spesifikasi Sepeda Pasca Stroke.....	46
<b>Tabel 4. 3</b> Bagian Rangka Utama Sepeda Pasca Stroke.....	50
<b>Tabel 4. 4</b> Hasil perhitungan beban secara manual pada setiap batang.....	53
<b>Tabel 4. 5</b> Komponen Penggerak Roda Belakang Sepeda Pasca Stroke .....	57
<b>Tabel 5. 1</b> Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Depan.....	71
<b>Tabel 5. 2</b> Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Belakang .....	72
<b>Tabel 5. 3</b> Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Penegar.....	73
<b>Tabel 5. 4</b> Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Pengikat Sandaran .....	74
<b>Tabel 5. 5</b> Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Pengikat penegar.....	75
<b>Tabel 5. 6</b> Nama dan Proses Pemesinan Komponen Poros .....	76
<b>Tabel 5. 7</b> Nama dan Proses Pemesinan Komponen Hub .....	78
<b>Tabel 5. 8</b> Komponen-komponen sepeda pasca stroke .....	80
<b>Tabel 5. 9</b> Hasil Uji Fungsi Sepeda Pasca Stroke .....	84

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]

# RANCANG BANGUN SEPEDA UNTUK PASIEN PASCA STROKE

**Nama** : Ray Raditya  
**NRP** : 0211124000157  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan, M. Eng

## Abstrak

Stroke dapat terjadi karena gangguan pada saluran darah dari jantung menuju otak. Stroke dapat berakibat fatal dan mengakibatkan kematian apabila tidak segera mendapatkan pertolongan pertama. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, informasi tentang pertolongan pertama pada pasien stroke semakin mudah sehingga jumlah kematian/*fatalitiy* akibat stroke dapat dikurangi. Stroke dapat diobati dengan menggunakan rehabilitasi. Rehabilitasi dapat dilakukan di rumah sakit dengan menggunakan alat bantu khusus seperti sepeda statis, *treadmill*, terapi *outdoor* dan lain-lain.

Langkah langkah dalam melakukan pengembangan terhadap sepeda pasca stroke adalah dengan melakukan studi literatur untuk mengetahui dasar dasar dalam melakukan pengembangan sepeda, lalu melakukan kajian terhadap produk eksisting, dimana produk eksisting yang di kaji adalah sepeda milik Agus (2017). Lalu melakukan perumusan masalah berdasarkan hasil kajian dan feedback berupa keluhan dan saran yang didapat dari penelitian Teditya (2017) dan juga progress yang telah dilakukan oleh Rosadila (2018) dan Anisa (2018). Setelah itu, dibuatlah desain konsep sepeda pasca stroke yang baru sesuai dengan *List of Requirement* yang sudah dibuat.

Setelah melakukan perancangan maka selanjutnya dilakukan pembuatan, perakitan, dan pengujian sepeda pasca

stroke. Pada proses pembuatan dimulai dari pembuatan rangka utama, sandaran, lalu penggerak roda belakang. Material yang digunakan untuk pembuatan rangka dan sandaran adalah *Alluminium 6061*. Sedangkan untuk penggerak belakang terbuat dari beberapa komponen yaitu poros, hub, brake, dan roda. Poros sendiri terbuat dari material AISI 1040. Setelah dibuat semua bagian dirakit lalu dipasang bagian bagian lain sepeda seperti stang, pedal, saddle, sandaran, rem, dsb. Setelah jadi, sepeda diujifungsi yaitu dinaiki pengayuh dengan berat yang bervariasi, lalu diuji kayuh pada jalan lurus dan berbelok. Dari hasil uji fungsi sepeda pasca stroke, dapat dinyatakan bahwa sepeda pasca stroke nyaman digunakan dan dapat dikayuh dengan ringan sehingga aman digunakan untuk pasien pasca stroke. Dari penelitian ini diharapkan sepeda roda tiga pasca stroke ini dapat digunakan untuk membantu proses rehabilitasi pasien pasca stroke.

## THREE-WHEEL DESIGNED BIKE FOR POST STROKE PATIENT

**Nama** : Ray Raditya  
**NRP** : 02111240000157  
**Jurusan** : Teknik Mesin FTI-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Dr. Ing. I Made Londen Batan,  
M. Eng

### Abstract

*Stroke may occur when the supply of blood from heart toward brain is restricted or stopped, so that the brain cells begin to die. Further, stroke may cause fatal health issues, and if the first aid cure is postponed, then stroke may lead to permanent disabilities or even death. However, along with the development of science and technology, the information about the first aid treatment toward stroke patients is easier to be accessed. Therefore, the number of patients died caused by stroke can be reduced. Actually, stroke can be cured through rehabilitation which commonly performed using special devices such as static bicycle, treadmill, and many others.*

*In this research, several steps are performed to develop the post-stroke rehabilitation bicycle. First, a literature study is conducted to understand the theories used as the basis to develop this post-stroke rehabilitation bicycle. Then, an assessment toward the existing product made by Agus in 2017 is performed to identify the problems occurred in the previous bicycle. After that, the problem is formulated based on the feedback obtained from the research which was previously performed by Teditya in 2017 and the research progress performed by Rosadila and Anisa in 2018. Then, the concept design of the post-stroke rehabilitation bicycle is made based on the list of requirements which previously has been identified.*

*After that, the post-stroke rehabilitation bicycle is made in sequence, start from the main frame, back rest, and the rear wheel drive. For the main frame and the back rest, they are made from Aluminium 6061. While the rear wheel drive itself is consist from several components like shaft, hub, brake, and wheel, in which the shaft is made using AISI 1040 material. After all of the components are made, they will be assembled and the other features such as grip bar, pedal, saddle, back rest, and brake will be attached.*

*Finally, the post-stroke rehabilitation bicycle will be tested by using various weight of passenger, both in the straight road and in turning directions. Based on the test result, it can be concluded that the post-stroke rehabilitation bicycle is comfortable and can be pedalled lightly, so that this post-stroke rehabilitation bicycle can be safely used for the post-stroke patients. From this research, it is expected that this post-stroke rehabilitation bicycle can be used to fasten the rehabilitation process of the post-stroke patients.*

## KATA PENGANTAR

Allhamdulillah, puji syukur saya haturkan kehadiran Allah SWT karena dengan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul “**RANCANG BANGUN SEPEDA RODA TIGA UNTUK PASIEN PASCA STROKE**”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratankelulusan pendidikan sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan semua anugerah, berkah serta hidayah kepada penulis.
2. Bapak Rudiyanto Soedijanto dan Alm. Ibu Ernita Lisawati selaku orang tua penulis, yang telah menghantarkan penulis menuntut ilmu hingga jenjang perguruan tinggi dengan penuh kasih sayang.
3. Elvira Pramesvari dan Raihan Paramudya selaku adik penulis yang selalu menjadi penyemangat penulis untuk menjadi seorang kakak yang lebih baik lagi.
4. Pemerintah Republik Indonesia, yang telah memberikan bantuan finansial sehingga penulis bisa melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi
5. Prof. Dr.Ing. Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. selaku dosen pembimbing penulis, yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Arif Wahjudi, ST., MSc., PhD., dan Dinny Harnanny, ST., MSc.M Khoirul Effendi, ST, Msc.Eng Sebagai dosen penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Nur Ikhwan, ST, M.Eng. selaku dosen wali yang telah menjadi orang tua bagi penulis selama menuntut ilmu di kampus



perjuangan ini, yang telah memberikan banyak dukungan dan nasehat selama masa kuliah penulis.

8. Aulia Rakhmawati, S.T sebagai pendamping penulis selama melakukan tugas akhir ini.
9. Bapak Masruki Kabib, Bapak Faizin, Bapak Hiding C., Kholiq Deliasgarin, Fakhrol F, Tubagus Bima P., Deris T.N, Rosadila F., M. Sulthoni K., dan teman-teman lab P3 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu

Sekalipun tugas akhir ini selesai melalui proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak, khususnya bagi seluruh rakyat indonesia.

Surabaya, 5 Febuari 2019

Penulis

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Stroke dapat terjadi karena gangguan pada saluran darah dari jantung menuju otak. Stroke dapat berakibat fatal dan mengakibatkan kematian apabila tidak segera mendapatkan pertolongan pertama. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, informasi tentang pertolongan pertama pada pasien stroke semakin mudah sehingga jumlah kematian/*fatality* akibat stroke dapat dikurangi. Stroke dapat diobati dengan menggunakan rehabilitasi. Rehabilitasi dapat dilakukan di rumah sakit dengan menggunakan alat bantu khusus seperti sepeda statis, *treadmill*, terapi *outdoor* dan lain-lain.

Melihat seriusnya dampak yang ditimbulkan penyakit stroke dan pentingnya penanganan yang harus dilakukan penderita pasca stroke melalui terapi fisik, pada tahun 2013 telah dilakukan perancangan alat terapi oleh Rodika yaitu sepeda yang dapat membantu penderita pasca stroke [1]. Berdasarkan uji jumlah kayuhan responden pasca stroke dalam 30 hari, terdapat peningkatan presentase jumlah kayuhan. Hasil peningkatan disajikan pada Tabel 1.1. Berdasar data tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem terapi kayuh mampu meningkatkan kinerja otot dan koordinasi gerak tubuh. Sepeda roda tiga juga dapat membantu pasien pasca stroke dalam mobilitas sehari – hari.

**Tabel 1. 1** Peningkatan jumlah kayuhan [2]

Responden	Peningkatan (dalam %)
<b>A</b>	7.33
<b>B</b>	5.28
<b>C</b>	3.33
<b>D</b>	3.97

**Rata-rata Peningkatan**

4.9775

Tahun 2015 Syifa mengembangkan konsep sepeda pasca stroke lipat dengan dimensi yang lebih kecil [3]. Mekanisme kunciannya berada pada *piping* tengah dan berada pada rangka depan. Mekanisme penggerakannya masih menggunakan penggerak tangan dan penggerak kaki. Pada tahun 2016, Sandy mengembangkan konsep rancang bangun sepeda pasca stroke yang lebih *rigid* [4]. Sepeda ini menggunakan sistem kayuhan tangan yang independen yaitu kayuhan tangan dapat diputar dan digerakkan secara tersendiri. Tetapi, Sepeda pasca stroke tersebut masih terlalu berat dan susah dibelokkan oleh penggunanya. Pada tahun yang sama (2016), Chandra merancang sepeda pasca stroke dengan konsep delta yaitu sepeda dengan 1 roda di depan dan 2 roda di belakang [5]. Sepeda tersebut memiliki desain tempat duduk yang rendah dengan ketinggian 75 cm.

Pada tahun 2017 Agus membuat sepeda pasca stroke konsep delta dengan berat total 24 Kg. Sepeda pasca stroke rancangan Agus memperbaiki kelemahan sepeda – sepeda sebelumnya, yaitu permasalahan berat total sepeda [6]. Terdapat beberapa permasalahan pada sepeda rancangan Agus, yaitu jok tempat duduk yang terlalu tinggi bagi penderita stroke yang tinggi badannya di bawah 170cm, posisi setang kemudi yang terlalu jauh jangkauannya dari tangan, dan dimensi yang masih terlalu



besar.

**Gambar 1. 1** Sepeda pasca stroke rancangan Agus (2017).

Pada tahun 2017, Tedy telah melakukan pengetesan penggunaan sepeda terhadap para penyandang penyakit pasca stroke, dan dihasilkan berupa data perubahan vital sign dari pasien pasca stoke yang terdiri dari detak jantung, tekanan darah, dan intensitas pernafasan. Selain itu, pasien pasca stroke yang menggunakan sepeda buatan Agus pada tahun 2017 lalu juga memberikan feedback yang berupa saran dan keluhan selama menggunakan sepeda pasca stroke tersebut. Seperti, stang sepeda yang tidak bisa di jangkau apabila sepeda bebelok, kesulitan melangkahi frame sepeda pada saat menaiki sepeda, dan ketinggian jok sepeda yang tidak bisa diatur dan terlalu tinggi bagi beberapa pasien pasca stroke.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut. Maka pada tugas akhir ini akan dilakukan pengembangan terhadap geometri rangka sepeda terdahulu, yaitu dengan memperbaiki ukuran sepeda yang terlalu panjang dan ketinggian jarak pada frame sepeda yang sulit dilangkahi oleh para pasien pasca stroke. Dari perbaikan desain dan pengembangan ini, diharapkan didapatkan sebuah sepeda pasca stroke yang nyaman, kuat, aman dan bermanfaat bagi penderita stroke untuk membantu rehabilitasi penyakit stroke mereka.

**1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana merancang sepeda roda tiga untuk terapi pasien pasca stroke yang memiliki panjang total lebih pendek dari produk sebelumnya.
2. Bagaimana merancang sepeda roda tiga untuk pasien pasca stroke yang lebih ringan dan lebih kuat dari produk sebelumnya.
3. Bagaimana merancang sepeda roda tiga yang ergonomis bagi penggunaanya dengan nilai RULA tidak lebih dari 3.

### **1.3 Tujuan Tugas Akhir**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Merancang sepeda roda tiga sebagai alat terapi pasien pasca stroke yang memiliki panjang lebih pendek dari produk sebelumnya.
2. Merancang sepeda roda tiga untuk pasien pasca stroke yang ringan dan kuat.
3. Merancang sepeda roda tiga yang ergonomis bagi penggunaanya dengan nilai RULA tidak lebih dari 3.

### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah yang ditetapkan agar tugas akhir ini lebih terarah serta dapat mencapai tujuan yang diinginkan adalah:

1. Rancangan sepeda yang dikembangkan adalah model *delta*, yaitu sepeda roda tiga dengan 1 roda di depan dan 2 roda di belakang.
2. Sepeda terapi tidak dirancang untuk jalan yang tidak rata.
3. Pengguna sepeda pasca stroke ini adalah pasien stroke yang mengalami penyumbatan pada syarafnya. Dimana rehabilitasi dijalankan 2-3 bulan setelah melakukan perawatan medis
4. Pengguna sepeda dirancang untuk tinggi antara 150 hingga 180 cm (antropometri tubuh manusia Indonesia secara umum) dan berat maksimum 120 kg.
5. Analisis kenyamanan dilakukan dengan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*).
6. Proses manufaktur dan perakitan sepeda dibatasi pada proses pembuatan rangka sepeda dan mekanisme penggerak roda belakang

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai dasar ilmu pengetahuan terutama dalam perancangan alat bantu kesehatan.
2. Dapat menghasilkan sepeda khusus untuk membantu rehabilitasi pasien pasca stroke.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Rehabilitasi Pasca Stroke**

Kemajuan teknologi menyebabkan stroke lebih sering meninggalkan cacat dibandingkan kematian. Terapi untuk pasien pasca stroke memerlukan sistem latihan fisik ringan. Latihan fisik diperlukan untuk mengembalikan fungsi dan kemampuan mengendalikan otot tubuh. Rehabilitasi Pasca Stroke dapat dilakukan Outdoor maupun Indoor, karena sifatnya yang sama seperti olahraga yaitu menggerakkan bagian tubuh tertentu, tetapi sedikit berbeda karena terdapat bagian tubuh yang kaku, maka dari itu dibutuhkanlah alat bantu untuk rehabilitasi Pasca Stroke ini. Berikut akan diuraikan beberapa alat terapi untuk pasien pasca stroke

##### **2.1.1 Sepeda Statis**

Alat terapi sepeda statis merupakan alat terapi yang umum terdapat dirumah sakit maupun toko alat-alat kesehatan dan



**Gambar 2. 1** Sepeda statis yang digunakan unit rehabilitasi RSUD Dr. Soetomo [Chandra 2016]

olahraga. Sepeda statis dapat digunakan untuk rehabilitasi pasien yang sakit pengapuran, nyeri lutut, stroke, atau pasca kecelakaan yang dianjurkan dokter untuk melatih kaki, lutut atau persendriaanya. Khusus untuk pasien *pasca stroke* yang biasanya mengalami gangguan keseimbngan, pasien tersebut harus sudah dapat duduk dan menjaga keseimbangannya sebelum diijinkan menggunakan sepeda statis. Karena pasien *pasca stroke* cenderung lemah ketika mencengkeram benda, dalam penggunaan sepeda statis biasanya pergelangan tangan dan kaki pasien akan dibebat dengan perban agar tidak terjatuh ketika mengayuh. Sepeda statis seperti pada gambar 2.1 menjadi alat terapi yang sering dijual ditoko karena dapat digunakan untuk latihan dan olahraga orang normal

### **2.1.2 Treadmill**

Treadmill digunakan sebagai latihan berjalan yang cukup aman digunakan oleh pasien pasca stroke. Latihan berjalan ini memiliki metode pembebanan progresif untuk membangun keseimbangan dan kekuatan otot. Latihan fisik menggunakan treadmill lebih mudah dalam pemantauan dan pembebanan fisik pada pasien. Contoh treadmill yang digunakan untuk rehabilitasi pasien pasca stroke ialah seperti gambar 2.2 di bawah ini





**Gambar 2. 2** Treadmill milik laboratorium P3 Teknik Mesin ITS.

## 2.2 Dinamika Kendaraan

Kondisi ideal ketika kendaraan belok disebut dengan kondisi ackerman yaitu ketika tidak terjadi sudut slip pada semua roda sehingga arah gerak dari roda sama dengan arah bidang putar roda. Gambar 2.3 menjelaskan arah vektor gaya belok yang terjadi di kendaraan.



Keterangan:

O = pusat putar sementara

$R_i$  = radius belok ideal

$\theta_i$  = sudut belok ideal

$\beta$  = sudut side slip kendaraan

$\delta_f$  = sudut steer rata-rata dari roda

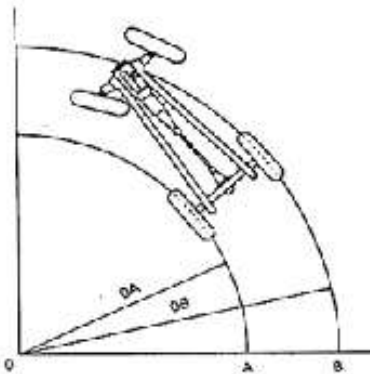
## **Gambar 2. 3** Kinematika kendaraan belok [7]

Persamaan 2.2 memberikan pendekatan perhitungan radius belok kendaraan dalam kondisi ideal. Kondisi ini hanya terjadi ketika gaya lateral pada roda sangat kecil sehingga tidak mampu membentuk sudut slip pada roda. Semakin tinggi kecepatan kendaraan, atau makin tajam belokan kendaraan maka makin besar gaya lateral yang terjadi.

$$\text{Rasio \% lock roda}_{\text{dalam,luar}} \geq \left[ \frac{n_i}{n_0} = \frac{R_1}{R_0} \right] \dots\dots\dots(2.1)$$

$$R_t = \frac{a+b}{\delta_f} 57,29 \dots\dots\dots(2.2)$$

Ketika kendaraan belok, jarak tempuh roda bagian dalam akan lebih kecil disbanding jarak tempuh roda bagian luar (ditunjukkan pada Gambar 2.4) sehingga roda bagian luar harus memiliki kecepatan yang lebih tinggi dari roda bagian dalam. Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung putaran roda bagian dalam maupun roda bagian luar saat berbelok.



**Gambar 2. 4** Kondisi ketika kendaraan belok [7]

*Roll/guling* dapat terjadi pada tiap kendaraan. *Roll/guling* merupakan suatu keadaan ketika roda depan atau belakang atau salah satu roda terangkat. Roda yang terangkat dapat menjadi indikasi kemungkinan terjadinya *guling/roll* pada kendaraan. Jika satu roda depan terangkat maka kendaraan dikatakan kendaraan dalam keadaan kritis akan terguling ke depan, untuk roda belakang yang terangkat maka dikatakan kritis akan terguling ke belakang, dan kalau roda depan dan belakang sudah ada yang terangkat maka kendaraan kritis akan terguling total. Kondisi *guling* akan bisa terjadi kalau roda kiri kendaraan mulai terangkat atau gaya normal pada roda kiri adalah 0. Kondisi terjadinya *roll* didefinisikan pada persamaan 2.3.

$$F_c \cdot h > W \cdot \frac{t}{2} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$\mu \cdot M \cdot g \cdot h \cdot M \cdot g \cdot \frac{t}{2} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\mu_t \frac{t}{2h} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$V_{g \max} = \sqrt{\frac{R \cdot g \cdot t}{2h}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Persamaan 2.4 menjelaskan analisis koefisien gesek roda dan jalan. Persamaan 2.5 digunakan untuk analisis skid dengan faktor koefisien gesek roda ideal antara ban dan jalan. Persamaan 2.6 memberikan batas kecepatan maksimum kendaraan agar tidak terjadi roll.

**2.3 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.

**2.3.1 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.

$$\tau \max \leq \frac{\tau_{ys}}{N} \dots \dots \dots (2.7)$$

**2.3.2 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:

$$\sigma_t \text{maksimum} \leq \frac{S_{yt}}{N} \dots \dots \dots (2.8)$$

$$\sigma_c \text{maksimum} \leq \frac{S_{yc}}{N} \dots \dots \dots (2.9)$$

Bila gagal dinyatakan pada saat patah maka:

$$\sigma_t \text{maksimum} \leq \frac{S_{ut}}{N} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\sigma_c \text{maksimum} \leq \frac{S_{uc}}{N} \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan:

$\sigma_t$  =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

Dalam pemilihan jenis material yang akan dipakai untuk pembuatan sepeda, terdapat beberapa jenis material yang dapat digunakan dan dipilih seperti pada tabel 2.1 dibawah ini:

**Tabel 2. 1** Tegangan tarik dan tekan pada berbagai material

Material		Ultimate Strength, Mpa		Yield Strength, Mpa	
		Tensile	Shear	Tensile	Shear
Aluminium alloy (extruded)	2014-T6	414	241	365	214
	6061-T6	262	207	241	135
Cast iron	Gray	210	-	-	-
	Malleable	370	330	250	165
Magnesium alloy, AM 100A		275	145	150	
Steel	0,2 % Carbon (hot roller)	450	330	250	165
	0,6 % Carbon (hot roller)	690	550	415	310
	0,2 % Carbon (quenched)	825	690	515	310
	3,5% Ni, 0,4% C	1380	1035	1035	620

### 2.3.3 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.

#### 2.4 Analisis RULA

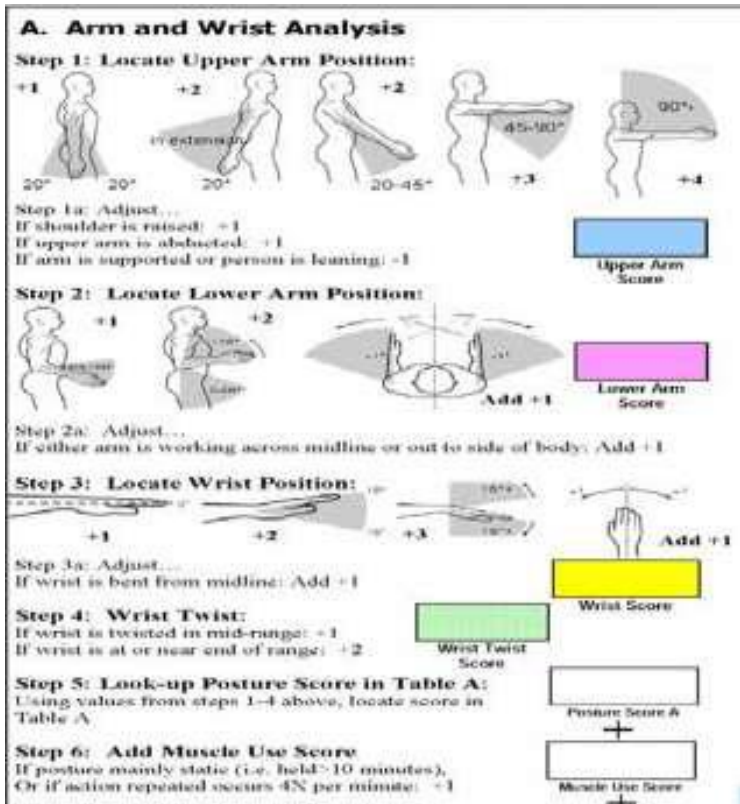
Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan suatu metode untuk menilai postur tubuh dan otot seseorang ketika melakukan suatu aktivitas. RULA mengukur tingkat kemungkinan cedera seseorang (degree of injury risk) dari kegiatan yang sedang dilakukan. Untuk melakukan metode RULA dibutuhkan tiga langkah penilaian postur tubuh [9], seperti terlihat pada tabel 2.2 berikut:

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

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

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

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



**Gambar 2.5** Penentuan nilai RULA untuk grup A [McAtamney, 1993]

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

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

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°.

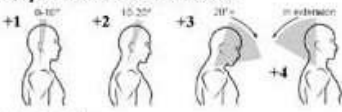
## 2. Grup B. Bagian Leher, Punggung dan Kaki

**Tabel 2. 4** Tabel RULA Bagian B [McAtamney,1993]

**B. Neck, Trunk and Leg Analysis**

**Step 9: Locate Neck Position:**

+1 0-10°   +2 10-20°   +3 20°   +4 in extension

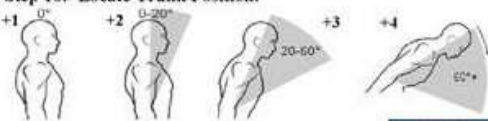


Neck Score

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

**Step 10: Locate Trunk Position:**

+1 0°   +2 0-20°   +3 20-60°   +4 60°+



Trunk Score

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

**Step 11: Legs:**  
If legs and feet are supported: +1  
If not: +2

Leg Score

**Table B: Trunk Posture Score**

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

**Step 12: Look-up Posture Score in Table B:**  
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Posture Score B

**Step 13: Add Muscle Use Score**  
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),  
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Muscle Use Score

**Step 14: Add Force/Load Score**  
If load < 4.4 lbs (intermittent): +0  
If load 4.4 to 22 lbs (intermittent): +1  
If load 4.4 to 22 lbs (static or repeated): +2  
If more than 22 lbs or repeated or shocks: +3

Force/Load Score

**Step 15: Find Column in Table C**  
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Neck, Trunk & Leg Score



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 2.5 dibawah ini:

**Tabel 2. 5** Tabel RULA bagian C [McAtamney, 1993]

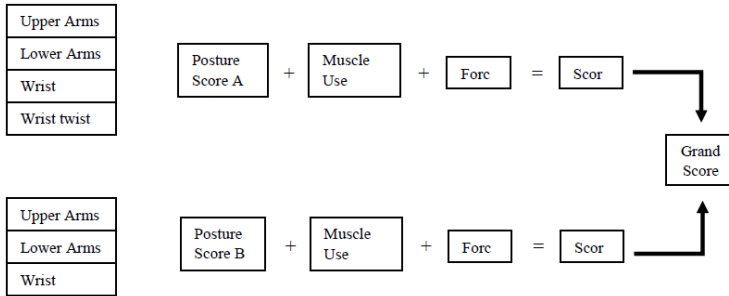
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Hasil nilai akhir RULA memiliki rentang antara 1 hingga 7 yang dijelaskan pada Tabel 2.6 dibawah:

**Tabel 2. 6** Nilai tingkat resiko cedera

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

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

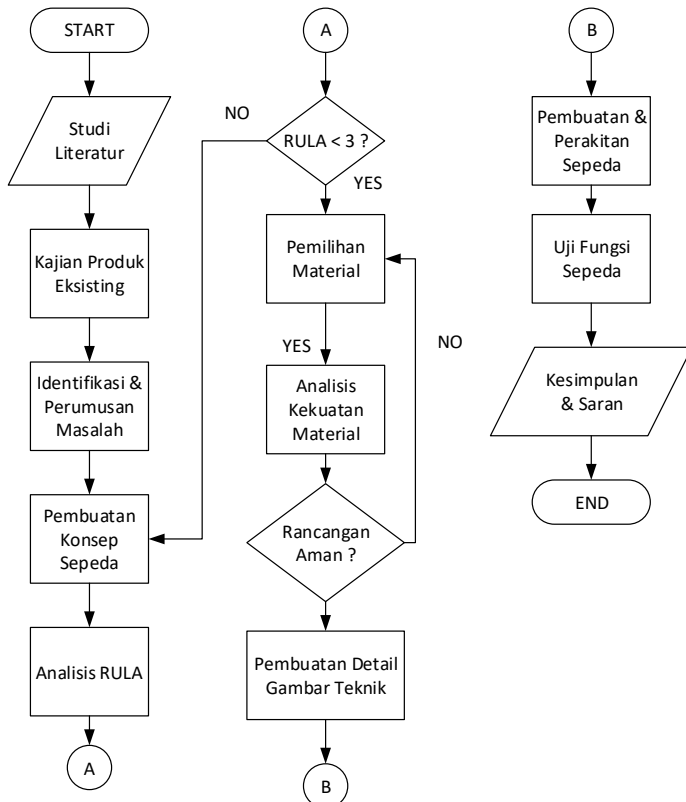


**Gambar 2. 6** Skoring untuk RULA

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, tahapan yang dilakukan dalam pengembangan desain produk sepeda pasien pasca stroke ditunjukkan pada Gambar 3.1.



**Gambar 3. 1** Diagram alir pengembangan sepeda pasca stroke.

### **3.2 Langkah – Langkah Penelitian**

Penelitian sepeda pasca stroke dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur
2. Kajian produk eksisting
3. Identifikasi dan perumusan masalah
4. Pembuatan konsep sepeda
5. Analisis RULA
6. Pemilihan jenis dan dimensi material
7. Analisis kekuatan material
8. Pembuatan detail gambar teknik
9. Pembuatan dan perakitan rangka sepeda
10. Uji dan evaluasi fungsi
11. Kesimpulan dan saran

#### **3.2.1 Studi Literatur**

Studi literatur mencakup mengenai pendalaman dan pemahaman mengenai pengembangan konsep, analisis RULA, analisis kegagalan dari suatu material, dan analisis gaya kinematis pada kendaraan untuk membantu mengembangkan penelitian.

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

Kajian produk eksisting dilakukan untuk mendapatkan pemahaman tentang kelebihan dan kekurangan dari produk yang sudah ada, sehingga peneliti dapat mengembangkan produk berdasarkan *benchmark* data produk eksisting. Dalam hal ini yang dijadikan sebagai objek penelitian adalah sepeda hasil rancangan dari Agus (2017).

#### **3.2.3 Identifikasi dan perumusan masalah**

Permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya adalah upaya dalam pengembangan peralatan bantu terapi berupa sepeda roda tiga untuk penderita pasca stroke. Masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang suatu alat terapi fisik untuk pasien pasca stroke yang berdimensi cukup *compact*, memiliki radius belok kecil, dan nyaman untuk digunakan. Dan juga berdasarkan feedback yang didapat dari penelitian Tediya (2017) berupa saran dan keluhan dari pengguna

sepeda *pasca stroke* rancangan Agus (2017) yang dirangkum dan dijadikan acuan dalam pembuatan rangka sepeda *pasca stroke* terbaru

#### **3.2.4 Pembuatan Konsep Sepeda**

Penyusunan daftar kebutuhan (*list of requirements*) dilakukan sebelum melakukan perancangan. *List of requirements* ini digunakan untuk melakukan pengembangan pada desain dan fungsi sepeda pasien pasca stroke.

#### **3.2.5 Analisis 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. Pemilihan Jenis dan Dimensi Material

Penentuan jenis dan dimensi material bertujuan untuk memperkirakan bentuk/dimensi dan berat sasis. Dengan adanya jenis dan dimensi material maka dapat dilakukan analisis kekuatan material.

#### **3.2.6 Analisis Kekuatan Material**

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. Sepeda didesain untuk dapat menahan beban hingga 100 kg.

#### **3.2.7 Pembuatan Detail Gambar Teknik**

Pembuatan detail gambar teknik bertujuan untuk mempermudah pembuatan dan perakitan sepeda terapi pasien pasca stroke. Dengan adanya gambar teknik maka pembuatan komponen dapat dilakukan dengan mudah sesuai acuan gambar teknik tersebut.

#### **3.2.8 Pembuatan Rangka Sepeda**

Pembuatan rangka sepeda mengacu pada dimensi yang ada pada gambar teknik. Proses pembentukan dan pemesinan dapat meliputi cutting, bending, bubut, dan pengelasan.

Setelah rangka dibuat maka perakitan rangka sepeda dapat dilakukan. Perakitan meliputi pemasangan dan penyetelan komponen sehingga semua fungsi dapat capai.

### **3.2.9 Uji dan Evaluasi Fungsi**

Hasil dari perakitan perlu diuji dan dievaluasi fungsi dasarnya seperti berbelok, uji ergonomi, hingga stabilitas sepeda. Setelah sepeda dinyatakan memenuhi fungsi dan desain selanjutnya sepeda dapat digunakan sebagai alat terapi pasien pasca stroke.

### **3.2.10 Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan merupakan hal-hal penting yang didapatkan pada proses penelitian ini. Saran digunakan untuk memperbaiki kekurangan yang ada sehingga pada penelitian selanjutnya didapatkan hasil yang lebih baik lagi.

## BAB IV PENGEMBANGAN SEPEDA PASCA STROKE

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

Untuk pengembangan Sepeda Pasca Stroke, telah dilakukan survey kepada pasien stroke yang berada di Rumah Sakit Haji Surabaya dengan menanyakan kelebihan dan kekurangan sepeda pasca stroke yang sudah dibuat sebelumnya setelah pasien melakukan beberapa kali uji kayuh. Dari hasil survey yang dilakukan pada bulan November tersebut, disusun *list of requirement* seperti yang terlihat pada Tabel 4.1.

**Tabel 4. 1** List Of Requirement Sepeda pasca stroke tahun 2018

TEKNIK MESIN ITS		LIST OF REQUIREMENT	
		Nama produk / komponen : <b>Sepeda Roda Tiga Pasca Stroke</b>	
S / H	Uraian Kebutuhan		Penang gung Jawab
<b>Fungsi :</b>			
S	Sebagai alat bantu rehabilitasi bagi penyandang stroke yang sudah pulih sebagian		Ray Raditya
S	Membantu mobilitas para penyandang stroke dalam keseharian		
H	Sepeda pasca stroke dapat dialihfungsikan menjadi sepeda multifungsi, dapat dipakai sebagai transportasi konvensional		
<b>Kekuatan &amp; Keamanan :</b>			

S	Kuat dan dapat menahan beban maksimal 120 kg	Ray Raditya
H	Tahan selama 5 tahun	
S	Kuat terhadap guncangan pada saat sepeda dinaiki oleh pasien	
H	Berat total sepeda tidak lebih dari 24 Kg	
<b>Ergonomis :</b>		
S	Nyaman digunakan, tidak menyebabkan pegal pada saat dikayuh	Ray Raditya
S	Pasien tidak terjatuh pada saat duduk dan mengayuh	
S	Posisi tangan saat berbelok aman, stang dapat dipegang saat berbelok	
S	Ketinggian sandaran kursi dapat disesuaikan dengan tinggi pasien	
<b>Manufaktur :</b>		
S	Dapat di manufaktur	Ray Raditya
S	Dapat di pasang dan di lepas (direparasi)	
S	Ketinggian sadle dan senderan dapat diatur (Adjustable)	

Keterangan :                    S = Syarat  
     H = Harapan

#### 4.2 Kajian Produk Eksisting



Pada tahun 2017, Saudara Agus membuat desain sepeda *pasca stroke* yang menggunakan system tadpole yaitu sepeda dengan satu buah roda didepan dan 2 buah roda dibelakang. Sepeda ini difokuskan untuk memperbaiki desain dari sepeda sebelumnya yang dirancang Sandy pada tahun 2016, Hasil dari pengembangan sepeda tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah



**Gambar 4. 1** Sepeda Pasca Stroke buatan Agus (2017)

Hasil kajian dan evaluasi atas fungsi dan operasional sepeda adalah sebagai berikut:

1. Rangka sepeda yang terlalu panjang, jarak sumbu antar roda depan dan roda belakang adalah 1160mm seperti pada gambar 4.1, karena menggunakan standar tubuh Agus yang memiliki tinggi 180 cm, sehingga pada saat berbelok posisi tubuh pengayuh tidak nyaman dan terkadang tangan tidak dapat menjangkau stang.

2. Stang yang digunakan bukan standar, yaitu merupakan hasil bending dari pipa sehingga dapat memiliki panjang seperti



**Gambar 4. 2** Posisi tangan saat belok ke arah kanan

Sumber: Dokumentasi Penulis

pada gambar 4.1 dan 4.2. Akibatnya stang kurang kuat menahan dorongan tangan pada saat berbelok dan kurang aman pada saat sepeda digunakan

3. Posisi stang tidak dapat di ubah, hanya dapat digunakan pada satu posisi sehingga menyulitkan bagi beberapa pasien yang memiliki postur tubuh yang berbeda dari standar yang digunakan Agus pada than 2017.

4. Posisi *saddle* yang *fix* tidak bisa diatur dan terlalu tinggi, hal ini menyebabkan beberapa pasien sulit menaiki sepeda ini karena otot mereka yang kaku dan juga bergemetar pada saat duduk di *saddle*

5. Rangka tengah terlalu tinggi sehingga menyulitkan pasien menaiki atau melangkahi sepeda *pasca stroke* tersebut. Jarak pipa atas dan pipa bawah pada bagian rangka tengah sepeda depan adalah 20cm.

6. Rangka bagian belakang kurang kokoh, yaitu hanya terdapat 2 titik tumpu yang berhubungan dengan poros roda belakang dan tidak ada penguat pada rangka tersebut, sehingga menyebabkan terjadinya bending pada poros roda belakang.

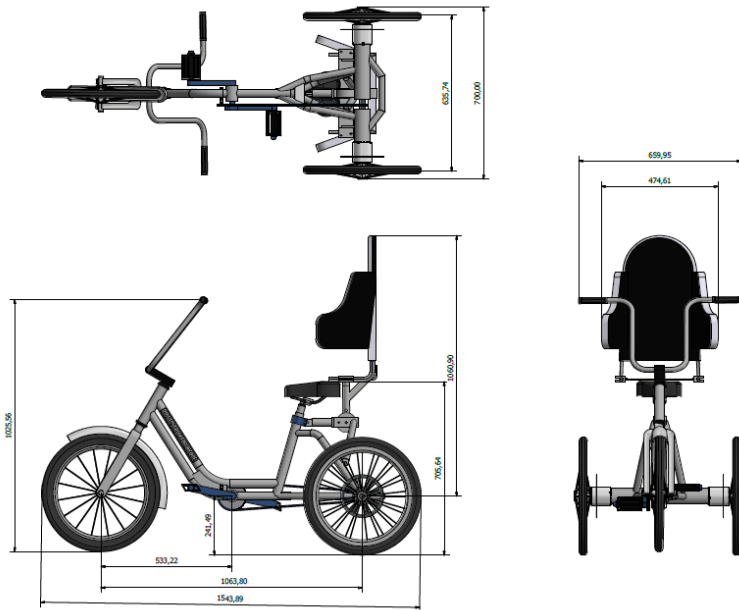
### 4.3 Rancangan Sepeda Pasca Stroke

Setelah melakukan kajian terhadap produk eksisting dan menyusun *list of requirement*, maka pada Subbab ini dilakukan perbaikan rancangan terhadap rancangan sebelumnya. Berikut adalah rancangan sepeda pasca stroke hasil pengembangan menggunakan sistem tadpole seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4. 3** Sepeda Pasca Stroke Konsep Delta

Sepeda *pasca stroke* yang dirancang memiliki panjang total 1532,36mm, lebar 700mm dan tinggi total (termasuk kursi) mencapai 1318,43mm untuk posisi kursi terendah dan 1354,02 untuk posisi kursi tertinggi. Dimensi umum dari desain sepeda *pasca stroke* yang baru ini dapat dilihat pada gambar 4.4. Bagian utama sepeda pasca stroke dan spesifikasi serta material dari rangka sepeda dapat dilihat pada gambar 4.4 dan tabel 4.2

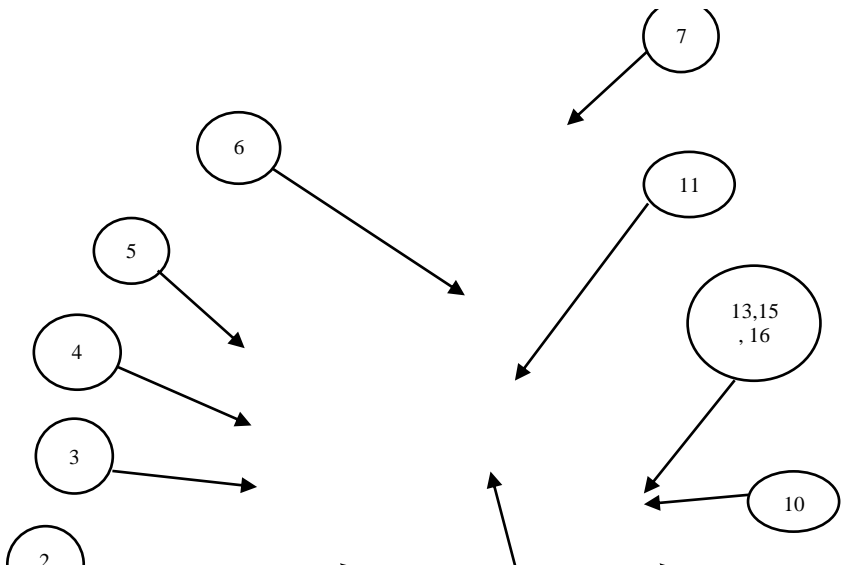


**Gambar 4. 4** Geometri Rancangan Sepeda Pasca Stroke, (a) tampak samping, (b) tampak atas, (c) tampak belakang

dibawah:



**Gambar 4. 5** Rangka Utama Sepeda Pasca stroke



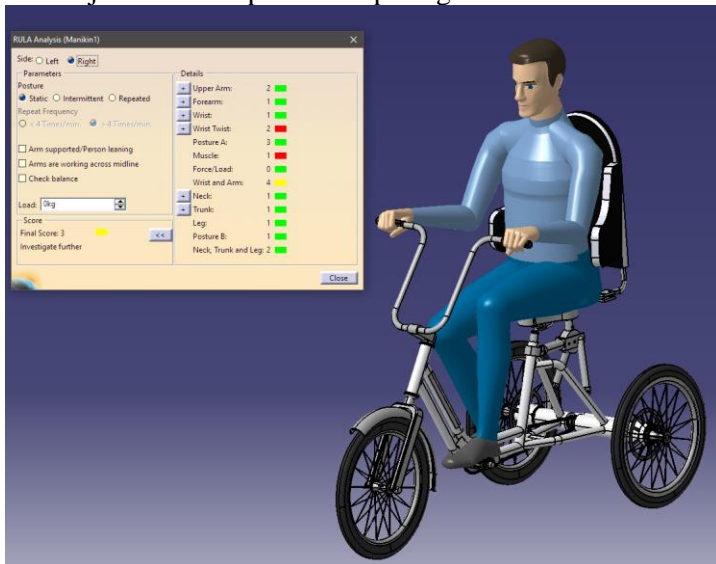
**Tabel 4. 2** Spesifikasi Sepeda Pasca Stroke

No	Nama	Jumlah	Keterangan
1	Roda Depan	1	Ring 20
2	Fork	1	Steel
3	Frame	1	Alluminium 6061
4	Penyangga Setir	1	Stainless Steel
5	Stang	1	Stainless Steel
6	<i>Saddle</i>	2	Mekanik
7	Sandaran	2	-
8	Pedal	1	-
9	Crank sepeda	1	-
10	Hub belakang + rem cakram	1	-
11	Penyangga Sandaran	1	-
12	Ban belakang	2	-
13	Gear belakang	2	-
14	Rantai	1	-
15	Poros sepeda	2	AISI 1040
16	Shifter	2	-
17	Rem tangan *	1	

#### 4.4 Analisa RULA

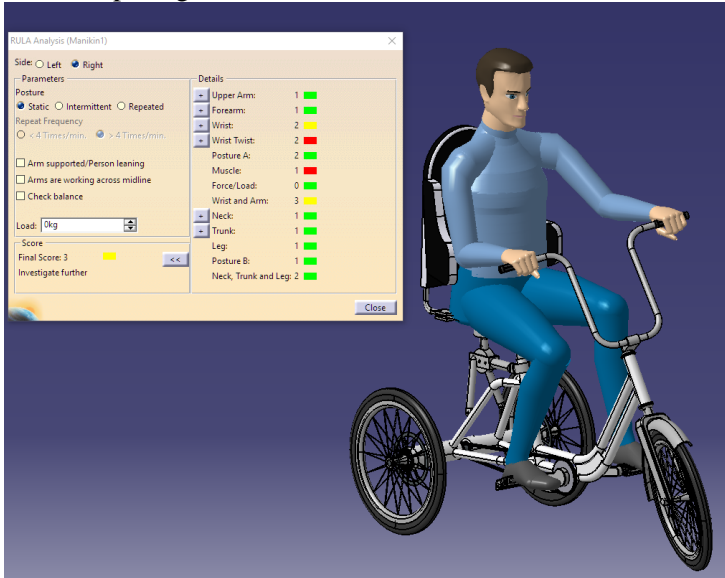
Analisa RULA bertujuan untuk mengetahui tingkat kenyamanan suatu produk saat digunakan dengan menghitung nilai resiko cedera yang terjadi pada pengayuh. Analisa ini menggunakan *software* CATIA V5R20. Semakin kecil nilai RULA, maka semakin ergonomi kenyamanan sepeda tersebut. Pada bagian ini Analisa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

**Pertama**, pasien pasca stroke mengayuh sepeda dengan kondisi jalan lurus. Posisi pengayuh ditempatkan duduk diatas sadel dan kedua tangannya memegang stang. Kursi dapat diatur naik atau turun dan posisi sandaran juga dapat diatur derajat kemiringannya terhadap garis atau bidang vertikal sesuai jangkauan tangan pengayuh. Selain sadel, posisi stang dapat diatur derajatnya, sehingga memudahkan pasien yang jangkauan tangannya masih belum terlalu jauh dengan setir. Analisa RULA pada mode jalan lurus dapat dilihat pada gambar 4.6.



**Gambar 4. 6** Analisa RULA ketika jalan lurus

**Kedua**, adalah analisa pada saat posisi sepeda berbelok ke kiri dan pengayuh diposisikan duduk diatas sadel dan tetap memegang stang. Posisi antara tangan kanan dan tangan kiri berbeda. Ketika berbelok kanan posisi tangan kanan akan lebih pendek dari tangan kiri. Analisa RULA pada mode jalan belok dapat dilihat pada gambar 4.7.



**Gambar 4. 7** Analisa RULA ketika jalan belok

Setelah dilakukan mode belok ke kanan 30 derajat, terlihat ada perubahan pada nilai RULA pada beberapa bagian, seperti pada saat berbelok ke arah kanan Wrist yang awalnya bernilai 1 pada saat posisi berjalan lurus berubah menjadi 2. Hal ini terjadi dikarenakan adanya perubahan sudut Upper arm yang semakin besar pada saat berbelok. Sehingga dapat dikatakan analisa RULA untuk sepeda roda tiga pasca stroke aman digunakan.



## **4.5 Bagian-Bagian Utama Sepeda**

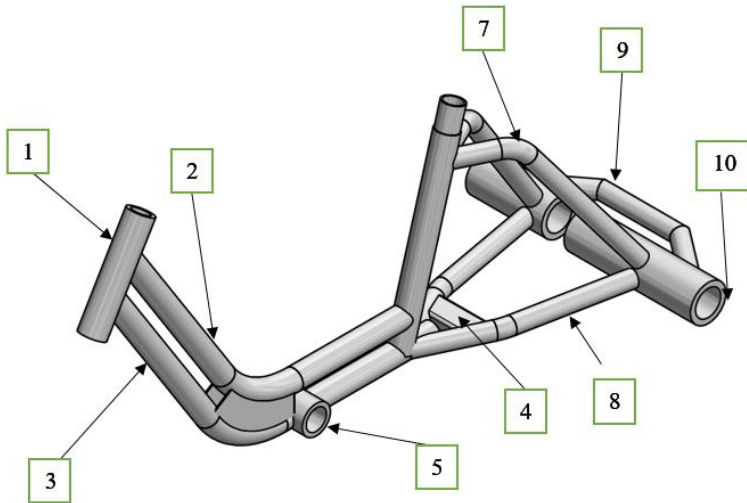
Sepeda pasca stroke terdiri dari beberapa bagian seperti rangka sepeda, poros belakang, pedal, stang. Berikut dijelaskan secara detail bagian dan sistem dari sepeda pasca stroke 2018:

### **4.5.1 Rangka Sepeda**

Rangka sepeda berfungsi sebagai penopang dari beban pengayuh. Oleh karena itu ketika merancang rangka, perlu diperhatikan posisi kenyamanan dari pengendara. Pada sepeda pasca stroke ini rangka dibagi menjadi tiga bagian yaitu rangka utama, dudukan sandaran dan sandaran kursi. Masing-masing bagian tersebut akan dijelaskan dibawah ini.

#### **- Rangka Utama**

Rangka Utama merupakan rangka yang menopang dari kaki, badan dan tangan pengayuh. Pada bottom bracket di desain lebih maju agar energi kayuh untuk menggerakkan sepeda kecil dan posisi kursi lebih pendek sehingga memudahkan akses pengendara ketika menaiki sepeda tersebut. Bagian bracket atas di padatkan menjadi seperti gambar 4.6 dibawah, yaitu batas antara bracket bawah dan atas adalah 5cm. sehingga memudahkan pengendara untuk melangkahi bagian bracket ini. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.8 dan tabel 4.3 dibawah

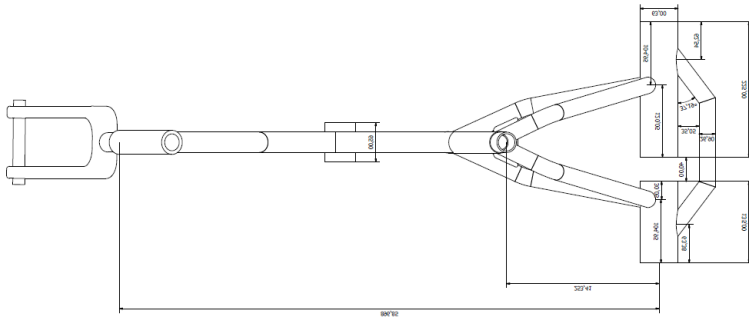


**Gambar 4. 8** Rangka Utama Sepeda Pasca Stroke

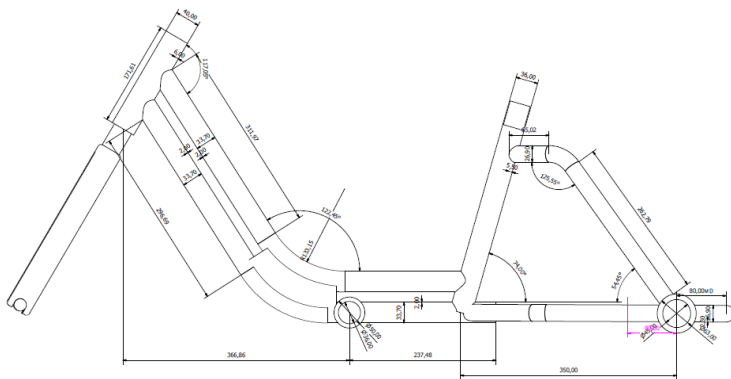
No	Nama	Jumlah	Material
1	Head Tube	1	Alluminium 6061
2	Upper Tube	1	Alluminium 6061
3	Down Tube	1	Alluminium 6061
4	Plate penguat	1	Alluminium 6061
5	Bottom Bracket	1	Alluminium 6061
6	Seat Tube	1	Alluminium 6061
7	Back tube 1	2	Alluminium 6061
8	Back tube 2	2	Alluminium 6061
9	Strengthener	1	Alluminium 6061
10	Back Bracket	1	Alluminium 6061

**Tabel 4. 3** Bagian Rangka Utama Sepeda Pasca Stroke

Rangka sepeda dirancang untuk dapat menopang berat pengayuh seberat 120kg dan berat rangka seringan mungkin. Ketika desain belum memenuhi persyaratan, maka perlu di desain ulang lagi struktur rangka yang baru atau diganti dimensi dari rangka. Bentuk geometri dan dimensi dari rangka utama dapat dilihat pada gambar 4.9.



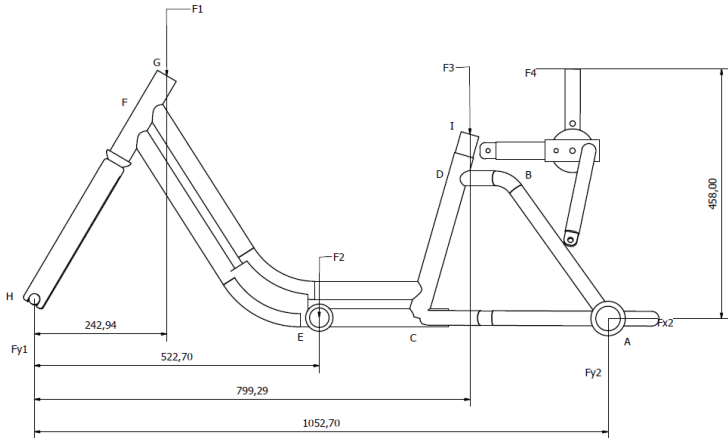
(a)



(b)

**Gambar 4. 9** Dimensi Rangka Utama Sepeda Pasca Stroke, (a) Dimensi tampak atas, (b) Dimensi tampak samping

Setelah rangka dirancang, selanjutnya dilakukan perhitungan besarnya gaya yang diterima masing-masing batang. Untuk itu dibuatlah free body diagram (FBD) seperti pada gambar 4.10 dibawah.



**Gambar 4. 10** Free Body Diagram Rangka Sepeda

Dari gambar 4.10 didapat gaya sebagai berikut:

- F1 = 70 N (Gaya yang bekerja di stang)
- F2 = 170 N (Gaya yang bekerja di pedal)
- F3 = 960 N (Berat badan pengayuh)
- F4 = 60 N (Berat sandaran)

Reaksi di tumpuan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ F_{y1} + F_{y2} - F_1 - F_2 - F_3 &= 0 \\ F_{y1} + F_{y2} - (70N) - (170N) - (960N) &= 0 \\ F_{y1} + F_{y2} &= 1200 \\ N..... &.....(4.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \\ F_{x2} &= F_4 \\ F_{x2} &= 60 \\ N..... &.....(4.2) \end{aligned}$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$\begin{aligned}
 &F_1(0,25342) + F_2(0,52318) + F_3(0,80976) + F_4(0,48802) - \\
 &F_{y_2}(1,063) = 0 \\
 &70(0,25342) + 170(0,52318) + 960(0,80976) + 60(0,48802) \\
 &- F_{y_2}(1,063) = 0 \\
 &F_{y_2} = 859,201 \text{ N}
 \end{aligned}
 \tag{4.3}$$

Substitusi persamaan 4.3 ke persamaan 4.1

$$\begin{aligned}
 F_{y_1} + F_{y_2} &= 1200 \text{ N} \\
 F_{y_1} + (859,201 \text{ N}) &= 1200 \text{ N} \\
 F_{y_1} &= 1070 \text{ N} - (859,201 \text{ N}) \\
 F_{y_1} &= 340,798 \text{ N}
 \end{aligned}
 \tag{4.4}$$

Dihitung secara manual pada setiap reaksi  
Reaksi di titik A

$$\begin{aligned}
 \sum F_Y = 0 & & \sum F_X = 0 \\
 F_{Y_2} + F_{AB} \sin(54,21) = 0 & & F_{AC} - F_{X_2} + F_{AB} \cos(34,21) = 0 \\
 F_{AB} = F_{Y_2} / \sin(54,21) & & F_{AC} = F_{X_2} - F_{AB} \cos(34,21) \\
 = 859,201 / 0,81 & & = -60 + 1062,053(0,58) \\
 = 1062,053 \text{ N (Tarik)} & & = -60 + 624,26 \\
 & & = 564,26 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Semua reaksi pada tiap titik dihitung sesuai dengan prosedur perhitungan reaksi di titik A. Dengan cara yang sama maka didapatkan besar gaya pada tiap batang seperti pada tabel 4.4.

**Tabel 4. 4** Hasil perhitungan beban secara manual pada setiap batang

Batang	Gaya	Jenis
--------	------	-------

AB	1062,053 N	Tekan
AC	564,26 N	Tarik
BD	624,26 N	Tekan
CD	3271,02 N	Tekan
CE	337,355 N	Tekan
DI	998,68 N	Tekan
EF	636,52 N	Tekan
FH	746,607 N	Tekan
FG	81,24 N	Tekan

Dari tabel perhitungan manual diatas, dapat dilihat bahwa batang yang mendapatkan gaya paling besar adalah batang CF dengan gaya sebesar 3271,02 N. Gaya terbesar yang didapat dari perhitungan manual ini kemudian dibagi dengan luasan pipa CF pada rangka agar dapat diketahui apakah pipa tersebut aman digunakan untuk rangka sepeda.

$$\text{Outer Diameter (Do)} : 36 \text{ mm}$$

$$\text{Inner Diameter (Di)} : 26 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang Terkecil} &= \pi \left(\frac{Do}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{Di}{2}\right)^2 \\ &= \pi \left(\frac{36}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{26}{2}\right)^2 = 486.7 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Maksimum (S}_{\max}) &= \frac{\text{Gaya Terbesar}}{\text{Luas Penampang Terkecil}} \\ &= \frac{3271,02 \text{ N}}{486.7 \text{ mm}^2} = 6,72 \text{ N/mm}^2 = \end{aligned}$$

$$6,72 \text{ MPa}$$

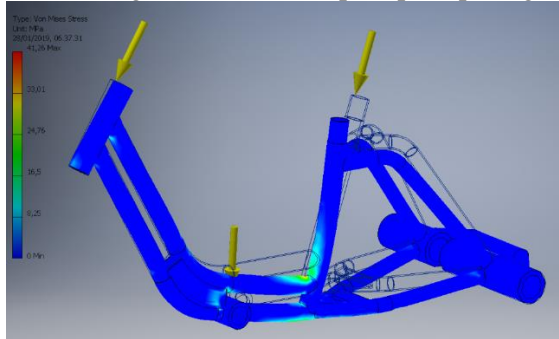
$$\text{Tegangan Ijin Material (S}_{\text{syp}}) : \frac{0.555 \text{ Syp}}{N}$$

dimana,  $S_{yp}$  : yield strength material = 358.52 MPa  
 $N$  : Safety Factor = 3 (benda dinamis dan beban kejut)

$$S_{\text{syp}} : \frac{0.555 \text{ Syp}}{N} = \frac{0.555 (358.52)}{3} = 66,3262 \text{ MPa}$$

Karena  $S_{\max} < S_{\text{syp}}$ , maka pipa Aluminium 6061 dengan  $Do=36\text{mm}$  dan  $Di=26 \text{ mm}$  dapat dikatakan aman.

Setelah menghitung beban pada setiap batang, langkah selanjutnya adalah menghitung analisa kekuatan material. Analisa kekuatan Material Menggunakan *Software Autodesk Inventor 2017* dengan metode *Static Analytic* pada *Von Mises*. Hasil analisa dapat dilihat bahwa tegangan maksimum terjadi pada *Bottom Bracket* dengan nilai 32,79 Mpa seperti pada gambar 4.11



**Gambar 4. 11** Titik maksimum tegangan Von-Misses

Hasil dari analisa tersebut digunakan untuk menghitung Safety Factor agar diketahui nilai Faktor Keamanannya.

$$\begin{aligned} \text{Faktor Keamanan} &= \frac{\text{Tegangan Yield}}{\text{Tegangan Kerja Maksimum}} \\ &= \frac{358.52 \text{ Mpa}}{32.79 \text{ Mpa}} \\ &= 8,68 \end{aligned}$$

Dari hasil simulasi diketahui bahwa nilai faktor keamanan dari rangka yaitu 10,93. Sehingga rangka tersebut aman apabila terkena beban dinamis dan beban kejut.

#### **4.5.2 Penggerak Roda Belakang**

Penggerak roda belakang ini dirancang dengan sistem *double freewheel*. Hal ini bertujuan agar ketika sepeda belok terjadi perbedaan putaran antara roda belakang kanan dan roda belakang kiri, sehingga tidak terjadi slip pada roda. Selain perbedaan putaran, sistem *double freewheel* juga berfungsi sebagai perangkat untuk menyimpan energi inersia pada roda. Sehingga setelah di kayuh roda dapat berputar dengan sendirinya. Desain dari penggerak roda belakang dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan nama komponen-komponen yang berada pada penggerak roda belakang dapat dilihat pada tabel 4.5 .



**Gambar 4. 12** Komponen Penggerak Roda



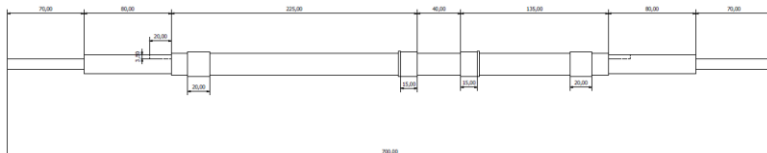
**Tabel 4. 5** Komponen Penggerak Roda Belakang Sepeda Pasca Stroke

No	Nama	Jumlah
1	Mur M10	2
2	Roda Belakang	2
3	Baut Screw	8
4	Hub	2
5	Bearing	6
6	Baut M6	20
7	Pasak	2
8	Poros	1
9	Gear Rasio	1
10	Discbrake	2
11	Fixed gear	2
12	Freewheel	2

Pada penggerak roda belakang, komponen yang akan di desain dan di manufakturing yaitu poros dan hub.

- **Poros**

Poros merupakan komponen yang berfungsi mentransfer putaran dari gear rasio menuju Hub. Selain itu poros juga berfungsi sebagai penopang frame dan penahan tegangan rantai. Poros ini dibuat bertingkat dengan menyesuaikan diameter bearing, freewheel dan roda. Material yang digunakan pada poros ini yaitu AISI 1040. Poros memiliki panjang 646 mm dan diameter paling tebal 22mm. Dimensi poros dapat dilihat pada



gambar 4.13

### Gambar 4. 13 Dimensi Poros

Poros didesain harus menyesuaikan dengan diameter komponen lainnya seperti dimensi gear rasio, bearing dan lubang roda. Selain itu poros juga harus mampu menopang frame dan menahakan beban pengendara. Berikut ini akan di analisa kekuatan dari poros.

$$\begin{aligned} \text{Beban pada pedal (Fp)} &: 150 \text{ N} \times \frac{1 \text{ lb}}{4.44822 \text{ N}} \\ &: 33,4 \text{ lb (berat pengendara 120kg)} \end{aligned}$$

Berdasarkan asumsi maksimum pengendara sepeda mengendarakan sepeda dengan kecepatan 20km/jam didapatkan data sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan maksimal (v}_{maks}) &: 20 \text{ km/jam} = 5.556 \text{ m/s} \\ \text{Jari-jari roda belakang (r}_{rb}) &: 0.254 \text{ m} = 0.833 \text{ ft} \\ \text{Keliling roda (K)} &: \pi \times 2r \\ &: \pi \times 2(0.254\text{m}) \\ &: 1.595\text{m} \end{aligned}$$

Putaran di roda belakang ( $n_{rb}$ ):

$$n_{Rb} = \frac{V_{maks}}{K} = \frac{5.556 \text{ m/s}}{1.595 \text{ m}} \times \frac{60\text{s}}{1\text{min}} = 209,003 \text{ rpm} = 210 \text{ rpm}$$

$$\text{jari-jari sprocket depan (r}_{rd}) = 80 \text{ mm} = 3,15 \text{ in}$$

$$\text{jari-jari sprocket belakang (r}_{rb}) = 20 \text{ mm} = 0,79 \text{ in}$$

$$\text{Perbandingan sprocket depan dan belakang} = 4 : 1$$

Putaran di sprocket depan ( $n_{sd}$ ):

$$N_{Rd} = n_{Rd} \times \frac{1}{r_g} = 210 \times \frac{1}{4} = 52,5 \text{ rpm}$$

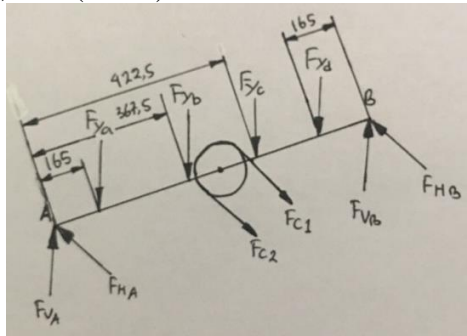
$$\text{jari-jari crank} = 4 \text{ in}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Sprocket depan (T}_{sd}) &: F_p \times \text{jari-jari crank} \\ &: 33,4 \text{ lb} \times 4 \text{ in} \\ &: 133,6 \text{ lb.in (181,14 Nm)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya (P)} &: \frac{T_{sd} \times n_{Rd}}{63000} \\ &: \frac{133,6 \text{ lb.in} \times 52,5 \text{ rpm}}{63000} \\ &: 0,11 \text{ hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Sprocket belakang (T}_{sb}) &: \frac{P \times 63000}{n_{Rb}} \\ &: \frac{0,11 \times 63000}{210} \\ &: 33,4 \text{ lb.in (3,77 Nm)} \end{aligned}$$

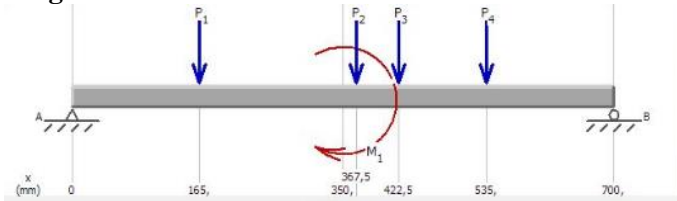
$$\begin{aligned} Fc1 &= \frac{T_{sb}}{r_{Rb}} \\ &= 33,4 \text{ lb.in} / 0,79 \text{ in} \\ &= 42,28 \text{ lb (188 N)} \end{aligned}$$



**Gambar 4. 14** Free Body Diagram Poros

$$\begin{aligned} Fc1 &= 188 & Fya &= 200 \text{ N} \\ Fc2 &= 0 \text{ N} & Fyb &= 260 \text{ N} \\ Fc &= Fc1 - Fc2 & Fyc &= 300 \text{ N} \\ &= (188 - 0) & Fyd &= 200 \text{ N} \\ &= 188 \text{ N} \\ M &= Fc \times r_{tb} & Sy &= 60200 \text{ Psi} \\ &= 188 \text{ N} \times 0,02 \text{ m} & Su &= 89900 \text{ Psi} \\ &= 3,76 \text{ Nm} & Dp &= 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

**Bidang Vertikal**



**Gambar 4. 15** Bidang Vertikal Poros

Reaksi tumpuan di titik A dan B :

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{v_a} + F_{v_b} - F_{y_a} - F_{y_b} - F_{y_c} - F_{y_d} = 0$$

$$F_{v_a} + F_{v_b} = F_{y_a} + F_{y_b}$$

$$= 200 \text{ N} + 260 \text{ N} + 300 \text{ N} + 200 \text{ N}$$

$$= 900 \text{ N} \dots \dots \dots (4.5)$$

$$+\curvearrowright \sum M_B = 0$$

$$F_{y_d} (0,165 \text{ m}) + F_{y_c} (0,277 \text{ m}) + F_{y_b} (0,333 \text{ m}) + F_{y_a} (0,535 \text{ m}) - F_{v_A} (0,7 \text{ m}) + M_c = 0$$

$$200 \text{ N} (0,165 \text{ m}) + 300 \text{ N} (0,277 \text{ m}) + 260 \text{ N} (0,333 \text{ m}) + 200 \text{ N} (0,535 \text{ m}) - F_{v_A} (0,7 \text{ m}) - 3,76 \text{ Nm} = 0$$

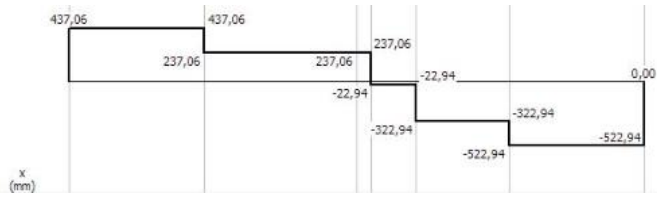
$$F_{v_A} = \frac{200 \text{ N} (0,165 \text{ m}) + 300 \text{ N} (0,277 \text{ m}) + 260 \text{ N} (0,333 \text{ m}) + 200 \text{ N} (0,535 \text{ m}) - 3,76 \text{ nm}}{0,7 \text{ m}}$$

$$F_{v_A} = 437,03 \text{ N} \dots \dots \dots (4.6)$$

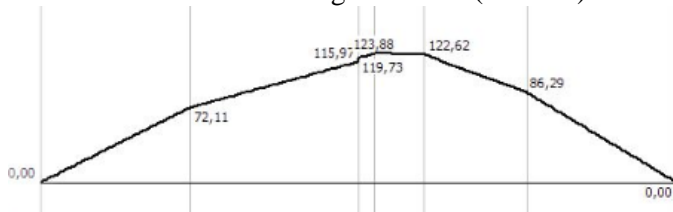
Dari persamaan 4.5 dan 4.6 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$F_{v_B} = 900 \text{ N} - F_{v_A} = 900 \text{ N} - 437,03 \text{ N}$$

$$F_{v_B} = 462,97 \text{ N}$$

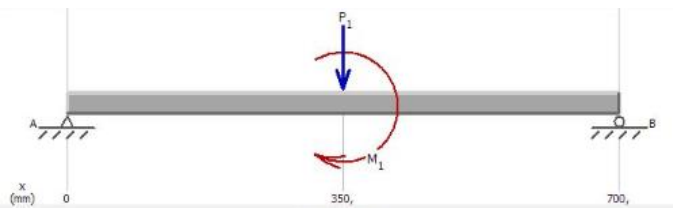


**Gambar 4. 16** Diagram Geser (Vertical)



**Gambar 4. 17** Diagram Momen (Vertical)

### Bidang Horizontal



**Gambar 4. 18** Bidang Horizontal Poros

Reaksi tumpuan di titik A dan B :

$$+\uparrow \sum F_y = 0$$

$$F_{Ha} + F_{Hb} - F_c = 0$$

$$F_{Ha} + F_{Hb} = F_c$$

$$F_{Ha} + F_{Hb} = 188 \text{ N} \dots \dots \dots (4.7)$$

$$+ \sum M_B = 0$$

$$F_c (0,32 \text{ m}) - F_{Ha} (0,7 \text{ m}) - M_c = 0$$

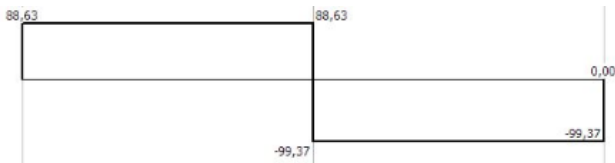
$$F_{Ha} = \frac{188 \text{ N} (0,35 \text{ m}) - 3,76 \text{ Nm}}{0,7 \text{ m}}$$

$$F_{Ha} = 88,63$$

$$\text{N} \dots \dots \dots (4.8)$$

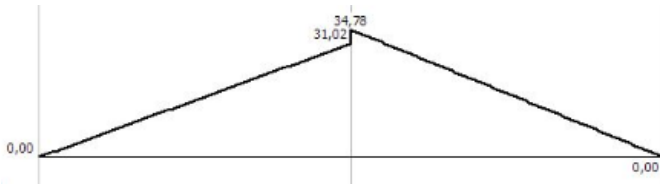
Dari persamaan 4.7 dan 4.8 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} F_{Hb} &= F_c - F_{Ha} \\ &= 188 \text{ N} - 88,63 \text{ N} \end{aligned}$$



**Gambar 4. 19** Diagram Geser (Horizontal)





**Gambar 4. 20** Diagram Momen (Horizontal)

- Tegangan geser terbesar adalah 437,06 N (98,25 lb) yang terletak pada jarak 165 mm dari sebelah kiri poros.
- Momen terbesar adalah 123,88 Nm (1096,43 lb.in) yang terletak pada jarak 350 mm dari sebelah kiri poros.

Tegangan pada poros diameter (dp) akibat momen bending dan torsi.

Oleh Mb →  $\sigma t, b = \sigma max, min$

$$\begin{aligned}
 &= \pm \frac{Mc.C}{I} = \frac{1096,43 \frac{dp}{2}}{\frac{\pi}{64} dp^4} \\
 &= \frac{11168,14}{dp^3} \dots\dots\dots(4.9)
 \end{aligned}$$

Oleh T →  $\tau max, min = \frac{T c}{j}$

$$\begin{aligned}
 \sigma avg &= \frac{\sigma max + \sigma min}{2} \\
 &= \frac{33,4 \frac{dp}{2}}{2} \\
 &= \frac{11168,14 + (-11168,14)}{2dp^3} \dots\dots\dots(4.10)
 \end{aligned}$$

$$\dots\dots\dots(4.11) \quad 0$$

$$\begin{aligned}
 \sigma &= \frac{\sigma max - \sigma min}{2} \\
 &= \frac{11168,14 - (-11168,14)}{2dp^3} \\
 &= \frac{11168,14}{dp^3} \dots\dots\dots(4.12)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_{avg} &= \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2} \\ &= \frac{170+170}{2dp^3} = \frac{170}{dp^3} \dots\dots\dots(4.13)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\tau_a &= \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} \\ &= \frac{170-170}{2dp^3} \\ &= 0 \dots\dots\dots(4.14)\end{aligned}$$

Reliability design faktor (Cr) = 1 - 0,08(D.M.F)  
= 1 - 0,08 (1,28)  
= 0,897

Size Correction Factor (Cs) = 0,85

Surface finish Correction (Cf) = 0,9

Weld Correction factor (Cw) = 0,833

Endurance limit of the material (S'n) = 0,8 Su  
= 0,8 x 89900 psi  
= 71920 psi

Konsentrasi tegangan aktual (Kf) = 1,6

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



$$= 0,897 \times 0,85 \times 0,9 \times 0,833 \times \frac{1}{1,6} \times 71920 \text{ psi}$$

$$= 25693,81 \text{ psi}$$

Safety Factor (N) = 2

- Soderberg + Von Mises (MSST)

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

$$\sqrt{\left(0 + \frac{60200}{25693,81} \cdot \frac{11168,14}{Dp^3}\right)^2 + 3 \left(\frac{170}{Dp^3} + 0\right)^2} \leq \frac{60200}{2}$$

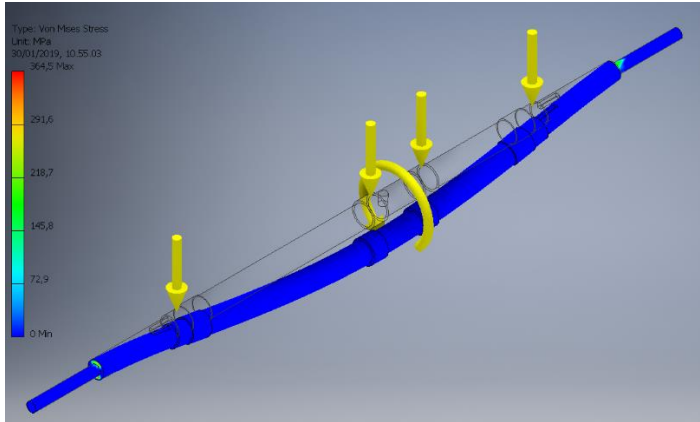
$$\frac{26168,35}{Dp^3} \leq \frac{60200}{2}$$

$$Dp^3 \geq 0,87 \text{ in}^3$$

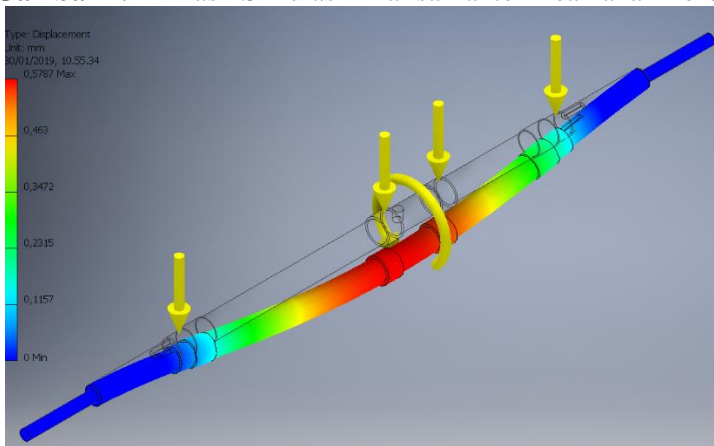
$$Dp \geq 0,9 \text{ in}$$

$$Dp \geq 22,86 \text{ mm}$$

Setelah melakukan perhitungan manual maka didapatkan nilai diameter poros minimal yaitu 22,86 mm. Selanjutnya akan dilakukan analisa poros menggunakan software. Software yang digunakan untuk analisa poros yaitu *Autodesk inventor 2016*. Berikut ini adalah hasil analisa poros menggunakan software dapat dilihat pada gambar 4.21 dan 4.22 .



**Gambar 4. 21** Hasil Simulasi Analisa Faktor Keamanan Poros

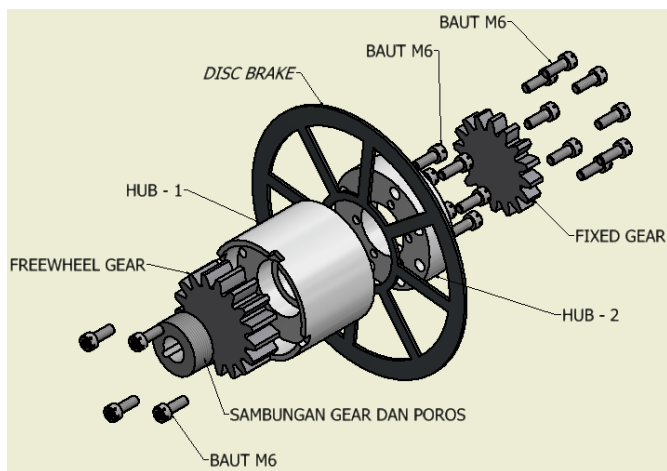


**Gambar 4. 22** Hasil Simulasi Defleksi Poros

Setelah dilakukan analisa simulasi menggunakan *Autodesk inventor 2016* didapatkan nilai Tegangan Maximum *Von Mises* sebesar 364,5 Mpa dan nilai defleksi maksimum yaitu 0,5787 mm . Terdapat perbedaan antara hasil perhitungan manual dan menggunakan software hal ini mungkin dikarenakan pembulatan angka pada perhitungan manual berbeda dengan perhitungan yang digunakan pada software.

- Hub

*Hub* dibuat dengan menggunakan material Alluminium Seri 7, dimana hub sendiri berfungsi sebagai penyalur daya dari poros menuju roda. *Hub* sendiri terangkai dari beberapa komponen seperti *bearing*, *freewheel*, *calliper* dan *diskbrake*. *Diskbrake* dibuat pada hub supaya mudah untuk melakukan lepas pasang apabila terjadi kerusakan. *Hub* juga berfungsi sebagai pengikat *freewheel* agar *freewheel* menjadi terkunci. Dimensi *Hub* dapat dilihat pada gambar 4.23



**Gambar 4. 23** Dimensi Hub

#### 4.5.3 Crank

Crank berfungsi untuk menyalurkan energi dari pengendara menuju gear belakang. Pada bagian crank menggunakan sistem rantai dan gear. Gear pada crank yang digunakan hanya 1 percepatan dikarenakan lebih memusatkan perpindahan percepatan pada gear bagian belakang. Karena terdapat 6 perbedaan percepatan. Crank yang digunakan pada sepeda pasca stroke ini menggunakan crank yang dibeli di pasaran dan sudah memiliki kriteria kecepatan sendiri.

#### 4.5.4 Stang sepeda

Setir merupakan komponen yang berfungsi sebagai pengendali kemudi ketika sepeda berjalan. Pada bagian setir digunakan material stainless steel agar tidak mudah berkarat. Pada bagian setir terdapat karet, brake lever, shifter, dan bel. Setir nantinya akan membeli di pasaran dengan mencari Setir yang ringan, kuat, dan panjang. pada setir akan dilakukan analisa radius putar. Analisa radius putar dilakukan dengan metode Ackermann. Rumus dari perhitungan Ackermann sesuai pada persamaan 2.2.

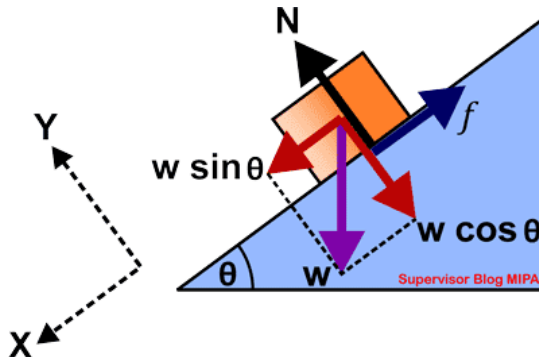
$$R_t = \frac{a + b}{\delta_f} 57,29$$

$$\delta_f = \frac{1,15 \text{ m}}{2 \text{ m}} 57,29$$

$$= 32,94^\circ$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapat besar sudut putar ideal pada radius putar 2 m adalah  $32,94^\circ$ .

Pada saat sepeda dimiringkan akan terjadi slip, melalui perhitungan dibawah, bisa didapatkan sudut maksimal supaya sepeda tidak terguling pada saat berjalan pada bidang miring



$$\sum F_x = 0$$

$$w \cdot \sin \theta - f = 0$$

$$w \cdot \sin \theta = f$$

$$w. \sin\theta = \mu. w. \cos\theta$$

$$\frac{w. \sin\theta}{w. \cos\theta} = \mu$$

$$\mu = \frac{t}{2h}$$

$$\mu = \frac{1052 \text{ mm}}{2 \cdot 1378 \text{ mm}}$$

$$\mu = 0,38 \dots \dots \dots (4.15)$$

$$\tan\theta = \mu$$

$$\tan\theta = 0,38$$

$$\theta = 20,81^\circ$$

#### 4.5.5 Sistem Pengereman

Sistem pengereman merupakan Alur Proses pengeriman dari brake lever sampai di discbrake. Sistem pengereman menggunakan double cakram pada roda belakang kanan dan roda belakang kiri. Calliper yang dipakai yaitu calliper mekanis. Pada calliper belakang kanan piston calliper digerakkan oleh brake lever kanan. Sedangkan pada calliper belakang kiri digerakan oleh brake lever kiri. Sehingga sistem pengereman antara roda belakang kanan dan roda belakang kiri dipisah.

## BAB V

### PEMBUATAN, PERAKITAN, DAN PENGUJIAN SEPEDA PASCA STROKE

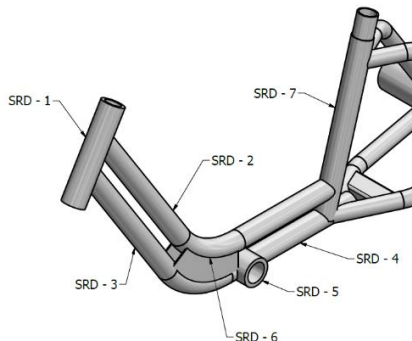
#### 5.1 Pembuatan, Perakitan dan Uji Fungsi Prototype Sepeda

Pembuatan dan perakitan prototype dilakukan di industry Mitra, yaitu CV Smarttech Surabaya. Pada pembuatan meliputi rangka, poros dan hub.

##### 5.1.1 Pembuatan dan Perakitan Prototype

###### A. Pembuatan Rangka

Pada pembuatan rangka utama dimulai dari rangka depan dan dilanjutkan ke rangka belakang. Pada bagian yang melengkung dibuat dengan roll bending, pada bagian lubang dibuat dengan proses drilling dan ada bagian tertentu yang dibuat dari proses turning dan milling. Material yang digunakan pada rangka ini yaitu *Alluminium 6061*.

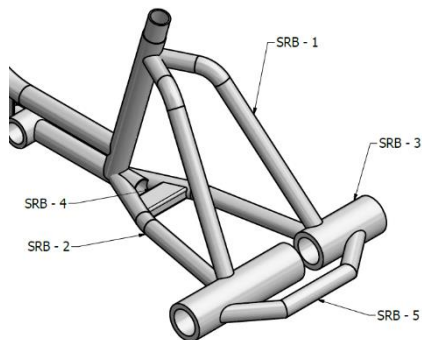


**Gambar 5. 1** Sub Komponen Rangka Depan

**Tabel 5. 1** Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Depan

Komponen	NO. Sub Komponen	Sub Komponen	Jumlah	Dimensi	Proses	Mesin
Rangka depan	SRD-1	Head Tube	1	D= 40 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 5 mm	Grinding	Gerinda
	SRD-2	Top Tube	1	D= 32 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 4 mm	Roll Bending	Mesin bending
					Grinding	Gerinda
	SRD-3	Down Tube 1	1	D= 32 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 4 mm	Roll Bending	Mesin bending
					Grinding	Gerinda
	SRD-4	Down Tube 2	1	D= 32 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 4 mm	Grinding	Gerinda
	SRD-5	Bottom Bracket	1	D= 40 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 5 mm	Grinding	Gerinda
	SRD-6	Plat joint	1	T= 5 mm	Cutting	Circular Saw
	SRD-7	Seat Post	1	D= 32 mm	Cutting	Circular Saw
T= 4 mm				Grinding	Gerinda	

Nama dan proses pemesinan dari masing-masing sub komponen rangka belakang akan dijelaskan pada Tabel 5.2 dibawah ini.



**Gambar 5. 2** Sub Komponen Rangka Belakang

**Tabel 5. 2** Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Belakang

Komponen	NO. Sub Komponen	Sub Komponen	Jumlah	Dimensi	Proses	Mesin
Rangka Belakang	SRB - 1	Seat Stay	2	D= 25 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 3 mm	Grinding	Gerinda
	2		D= 25 mm	Bending	Mesin bending	
			T= 3 mm			
	SRB - 2	Down Tube	2	D= 25 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 3 mm	Grinding	Gerinda
	2		D= 25 mm	Bending	Mesin bending	
			T= 3 mm			
	SRB - 3	House bearing	2	D= 40	Cutting	Circular Saw
				T= 5 mm	Grinding	Gerinda
SRB - 4	Strengtener Plate 1	1	P= 60 mm	Cutting	Circular Saw	
			T= 15 mm	Grinding	Gerinda	
SRB - 5	Strengtener Tube	1	D= 25 mm	Cutting	Circular Saw	
			T= 3 mm	Grinding	Gerinda	
				Bending	Mesin bending	

Hasil dari proses pembuatan rangka utama dapat dilihat pada gambar 5.3.

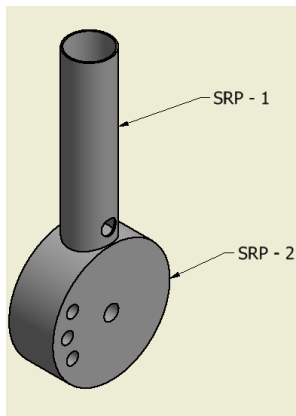


**Gambar 5. 3** Hasil dari Pembuatan Rangka Utama

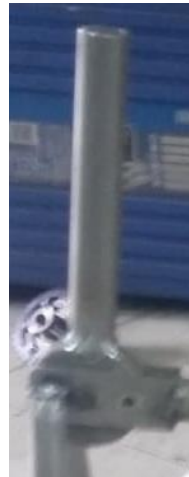
## B. Pembuatan Dudukan sandaran



Pada pembuatan Dudukan sandaran ini dimulai dari Penegar dilanjutkan ke Pengikat sandaran, dan terakhir Pengikat Penegar. Pada bagian lingkaran pejal dibuat dengan proses turning, pada bagian lubang dibuat dengan proses *drilling*. Sub komponen rangka penegar dapat dilihat pada gambar 5.4.



(a)



(b)

**Gambar 5. 4** (a) Rancangan Komponen Penegar, (b) Hasil manufaktur Penegar

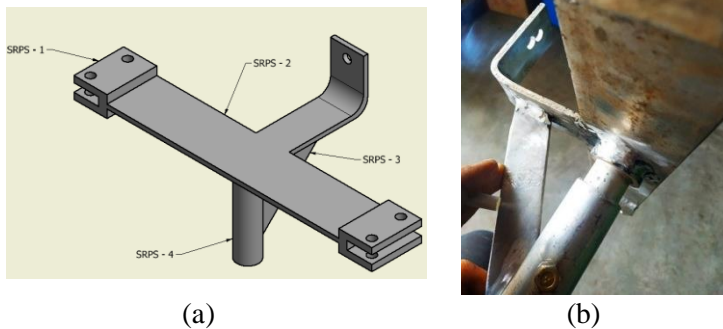
Nama dan proses pemesinan dari masing-masing sub komponen rangka penegar akan dijelaskan pada Tabel 5.3 dibawah ini.

**Tabel 5. 3** Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Penegar

Komponen	NO. Sub Komponen	Sub Komponen	Jumlah	Dimensi	Proses	Mesin
Penegar	SRP-1	Shock pipe	1	D= 32mm	Cutting	Circular Saw
				T= 3mm	Drilling	Frais
	SRP-2	Shock Stay	1	D= 80mm	Cutting	Circular Saw
				T= 30mm	Turning	Bubut
				Drilling	Frais	

### C. Pembuatan Pengikat Sandaran

Pada pembuatan Pengikat sandaran ini dimulai dari *Main plate* yang dilas dengan lock plate dan dilanjutkan dengan pengelasan *Main plate* ke *Bosch pipe*. Lalu pada bagian *Main plate* dilakukan proses bending supaya terbentuk seperti desain dibawah. Sub komponen rangka pengikat sandaran dapat dilihat pada gambar 5.5.



**Gambar 5. 5** (a) Sub Komponen Rangka Pengikat Sandaran, (b) hasil manufaktur Rangka Pengikat sandaran

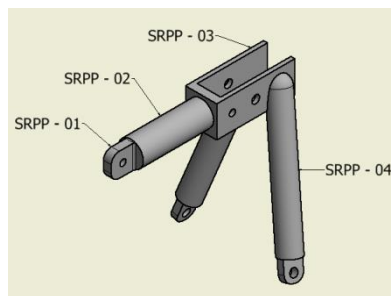
Nama dan proses pemesinan dari masing-masing sub komponen rangka Pengikat sandaran akan dijelaskan pada Tabel 5.4 dibawah ini.

**Tabel 5. 4** Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Rangka Pengikat Sandaran

Komponen	NO. Sub Komponen	Sub Komponen	Jumlah	Dimensi	Proses	Mesin
Pengikat sandaran	SRPS-1	Lock Plate	2	T= 5 mm	Cutting	Circular Saw
					Drilling	Frais
					Grinding	Gerinda
	SRPS-2	Main Plate	1	T= 5 mm	Cutting	Circular Saw
					Grinding	Gerinda
					Drilling	Frais
					Bending	Mesin bending
	SRPS-3	Strengtener Plate	1	T= 5 mm	Cutting	Circular Saw
	SRPS-4	Bosch Pipe	1	D= 32 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 3 mm	Grinding	Gerinda
				Drilling	Frais	

#### D. Pembuatan Pengikat Penegar

Pada pembuatan Pengikat penegar ini dimulai dari *Lock plate* yang dilas dengan *main tube* dan dilanjutkan dengan pengelasan *Main plate* ke *Bosch pipe*. Lalu *main tube* dan *main plate* di satukan hingga menjadi seperti gambar dibawah. Sub komponen rangka pengikat sandaran dapat dilihat pada gambar 5.5.



**Gambar 5. 6** Sub Komponen Rangka Pengikat Penegar

Nama dan proses pemesinan dari masing-masing sub komponen rangka Pengikat sandaran akan dijelaskan pada Tabel 5.5 dibawah ini.

**Tabel 5. 5** Nama dan Proses Pemesinan Sub Komponen Pengikat penegar

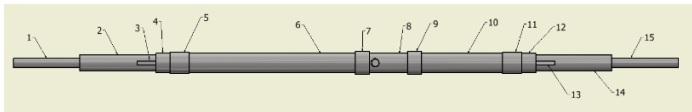
Komponen	NO. Sub Komponen	Sub Komponen	Jumlah	Dimensi	Proses	Mesin
Pengikat penegar	SRPP-1	Lock Plate	1	T= 5 mm	Cutting	Circular Saw
					Drilling	Frais
					Grinding	Gerinda
	SRPP-2	Main Tube	1	T= 5 mm	Cutting	Circular Saw
					Grinding	Gerinda
					Drilling	Frais
			Bending	Mesin bending		
	SRPP-3	Lock plate 2	1	T= 5 mm	Cutting	Circular Saw
	SRPP-4	Bosch Pipe	2	D= 32 mm	Cutting	Circular Saw
				T= 3 mm	Grinding	Gerinda
				Drilling	Frais	

### E. Pembuatan Penggerak Roda Belakang

Setelah pembuat rangka selesai, maka proses selanjutnya yaitu pembuatan penggerak roda belakang. Pada penggerak roda belakang terdapat roda, hub, bearing, freewheel, poros dan gear rasio. Untuk poros dan *Hub* di desain dan di manufaktur sendiri sedangkan yang lainnya membeli komponen di pasaran. Berikut ini adalah proses pembuatan poros dan *Hub*.

- **Poros**

Pada proses pembuatan poros menggunakan 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 berdiameter 22mm dan panjang 1 meter. Proses pembuatannya akan diterangkan pada gambar 5.7 tabel 5.5 dibawah ini.



**Gambar 5. 7** Komponen Poros

**Tabel 5. 6** Nama dan Proses Pemesinan Komponen Poros

Komponen	No Proses	Proses	Dimensi
Poros	1	Turning	D= $\varnothing$ 10H7/j6 mm L= 99 mm
	2	Turning	D= $\varnothing$ 17H7/j6 mm L= 88mm
	3	Milling	P= 4 H11/c11 mm L= 20 mm T= 5 H11/c11 mm
	4	Turning	D= $\varnothing$ 20H7/m6 mm L= 400 mm
	5	Turning	D = 22mm L= 15 mm
	6	Turning	D= 20 mm L= 175 mm
	7	Turning	D= $\varnothing$ 24H7/m6 mm L= 15 mm
	8	Turning	D= 20 mm L= 40 mm
	9	Turning	D= $\varnothing$ 24H7/m6 mm L= 15 mm
	10	Turning	D= 20 mm L= 85 mm
	11	Turning	D= 22 mm L= 20 mm
	12	Turning	P= $\varnothing$ 20H7/m6 mm L= 15 mm
	13	Milling	P= 4 H11/c11 mm L= 20 mm T= 5 H11/c11 mm
	14	Turning	D= $\varnothing$ 17H7/j6 mm L= 88 mm
	15	Turning	D= $\varnothing$ 10H7/j6 mm L= 99 mm

Pada proses nomor 1, toleransi suaian longgar (*sliding fit*) sebesar H7/j6 diterapkan karena bagian poros pada nomor 1 merupakan sambungan antara poros dengan roda belakang. Pada proses nomor 2, toleransi suaian longgar (*sliding fit*) sebesar H7/j6 juga diterapkan, karena pada bagian poros nomor 2 merupakan sambungan antara poros dengan HUB belakang. 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 gear pada HUB. Pada proses nomor 4,7,9,12 diterapkan 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. Semua suaian yang digunakan diatas merupakan suaian basis Lubang.

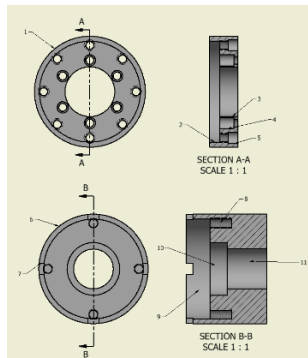
- **Hub**

Pada proses pembuatan poros menggunakan proses *turning*, *milling* dan *drilling*. Untuk *turning* menggunakan mesin bubut. Sedangkan untuk proses *milling* dan *drilling* menggunakan mesin frais. Pada pembuatan hub menggunakan proses *turning*, *milling* dan *drilling* seperti pada gambar 5.8.



**Gambar 5. 8** Proses Turning

Material pada proses pembuatan yaitu Allumunium seri 7 berdiameter 80mm dan panjang 80mm. Proses pembuatanya akan diterangkan pada gambar 5.9 dan tabel 5.6.



**Gambar 5. 9** Komponen Hub

**Tabel 5. 7** Nama dan Proses Pemesinan Komponen Hub

Komponen	No Proses	Proses	Dimensi
Hub	1	turning	D=78 mm L=20 mm
	2	turning	D=71 mm L=7 mm
	3	Boring	D=35 mm L=13 mm
	4	Drilling	M6 L=13 mm
	5	Drilling	M6 L=13 mm
	6	turning	D=78 mm L=56,75 mm
	7	Cutting	L=8mm
	8	Drilling	M6 L=15 mm
	9	Boring	D=70 mm L=17 mm
	10	drilling	D=37 mm L=15mm
	11	Boring	D= 28 mm L=27,75mm

Hasil dari proses pembuatan *Hub* dapat dilihat pada gambar 5.10.



**Gambar 5. 10** Hasil Dari Pembuatan Hub

## 5.2 Perakitan Sepeda Pasca Stroke

Setelah proses pembuatan maka dilanjutkan analisa untuk proses perakitan. Analisa perakitan meliputi semua komponen yang berada pada sepeda dari frame sampai roda sesuai yang terdapat pada Tabel 5.7.

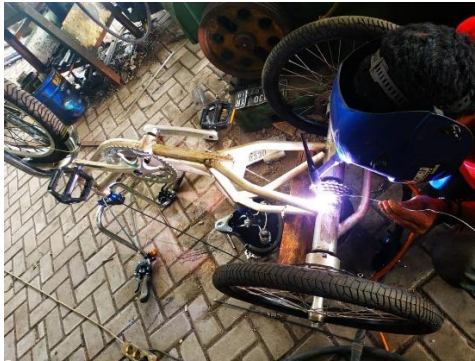
**Tabel 5. 8** Komponen-komponen sepeda pasca stroke

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	Roda Depan	1	Beli
2	Roda Belakang	2	Beli
3	Fork Depan	1	Beli
5	Setir	1	Beli
6	Bel	1	Beli
7	Brake lever	2	Beli
8	Shifter lever	1	Beli
9	Karet Setir	2	Beli
10	Pedal	1	Beli
11	Poros	1	Desain dan machining sendiri
12	Rantai	1	Beli
13	Kursi	1	Beli
14	Sandaran belakang	1	Beli
15	Dudukan sandaran	1	Desain dan buat sendiri
16	Gear Rasio	1	Beli
17	Bearing	4	Beli
18	Hub	2	Desain dan machining sendiri
19	Freewheel	2	Beli
20	Discbrake	2	Beli
21	Calliper	2	Beli



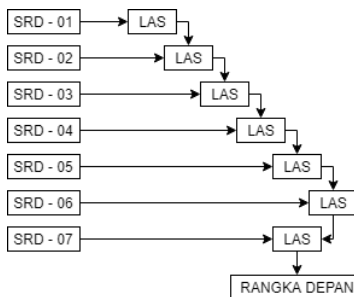
22	Pemindah Gear	1	Beli
23	House Bearing	2	Design dan machining sendiri

Untuk perakitan Frame, proses penyambungan pipa menggunakan las TIG (Tungsten Inert Gas) seperti pada gambar 5.11.

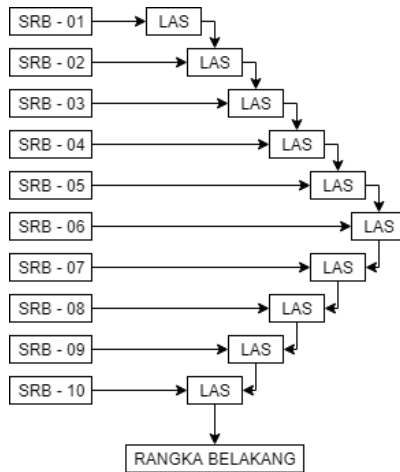


**Gambar 5. 11** Proses Pengelasan Pipa

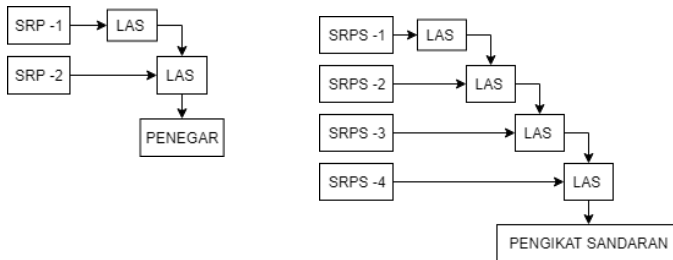
Proses perakitan dijabarkan secara singkat menggunakan Diagram perakitan seperti dapat dilihat pada gambar 5.12, gambar 5.13, gambar 5.14, gambar 5.15, gambar 5.16.



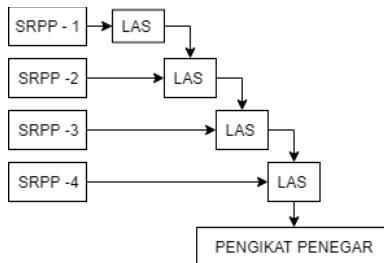
**Gambar 5. 12** Diagram Perakitan Rangka Depan



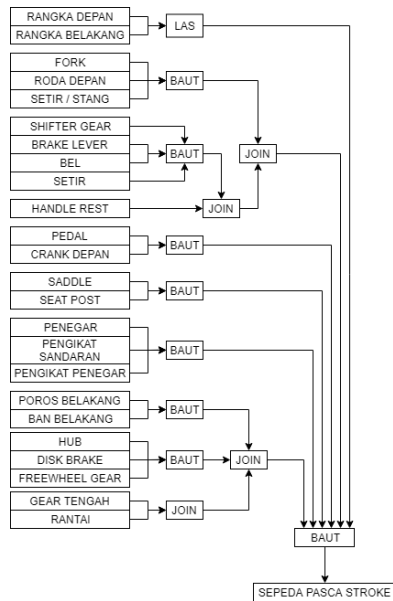
**Gambar 5. 13** Diagram Penegar dan Pengikat Sandaran



**Gambar 5. 14** Diagram Perakitan Rangka Belakang



**Gambar 5. 15** Diagram Pengikat Penegar



**Gambar 5. 16** Diagram Alir Perakitan Sepeda Pasca Stroke

Perakitan dimulai dari (*fork* disambungkan ke rangka pada bagian *head tube*, lalu stang di pasang kesambungan *fork* dan rangka bagian depan bersama dengan pemasangan aksesoris seperti *handle* rem dsb. Kemudian poros dipasang dibagian rangka bagian belakang bersamaan dengan pemasangan gear belakang pada bagian tengah poros. Kemudian roda dipasang pada *fork* dan penggerak roda belakang. Setelah itu dilakukan pemasangan *saddle* dan sandaran. Tahap terakhir perakitan yaitu pemasangan *crank* serta rantai pada rangka sepeda pasca stroke. Pada gambar 5.17 merupakan *prototype* sepeda pasca stroke yang telah melewati proses perakitan.



**Gambar 5. 17** Prototype Sepeda Pasca Stroke

### 5.3 Uji Fungsi *Prototype* Sepeda Pasca Stroke

Uji fungsi *prototype* ini bertujuan untuk menganalisa dan menyesuaikan antara sepeda yang dirancang dengan kebutuhan dari pasien pasca stroke. Hasil dari uji fungsi dapat dilihat pada tabel 5.8. Sedangkan Untuk detail uji fungsi yang meliputi uji kemudi dan uji sandaran akan dijelaskan pada sub-bab berikutnya.

**Tabel 5. 9** Hasil Uji Fungsi Sepeda Pasca Stroke

No.	Uraian Kebutuhan	Hasil	
		Ya	Tidak
1	Sebagai alat bantu rehabilitasi bagi penyandang stroke yang sudah pulih sebagian	v	
2	Membantu mobilitas para penyandang stroke dalam keseharian	v	
3	Sepeda pasca stroke dapat dialihfungsikan menjadi sepeda multifungsi, dapat dipakai sebagai transportasi konvensional		v
<b>Kekuatan &amp; Keamanan :</b>			
4	Kuat dan dapat menahan beban maksimal 120 kg	v	
5	Tahan selama 5 tahun		
6	Kuat terhadap guncangan pada saat sepeda dinaiki oleh pasien	v	
7	Berat total sepeda tidak lebih dari 24 Kg	v	
<b>Ergonomis :</b>			
8	Nyaman digunakan, tidak menyebabkan pegal pada saat dikayuh	v	
9	Pasien tidak terjatuh pada saat duduk dan mengayuh	v	
10	Posisi tangan saat berbelok aman, stang dapat dipegang saat berbelok	v	
11	Ketinggian sandaran kursi dapat disesuaikan dengan tubuh pasien	v	
<b>Manufaktur :</b>			
12	Dapat di manufaktur	v	
13	Dapat di pasang dan di lepas (direparasi)	v	
14	Ketinggian sadle dan senderan dapat diatur (Adjustable)	v	

### 5.3.1 Uji Fungsi Kemudi

Uji fungsi kemudi merupakan pengujian sepeda pasca stroke ketika dikendarai di jalan. Pengujian dilakukan dengan jalan lurus, belok radius 6 meter, zig-zag dengan jarak antar cone 3 meter dan pengereman. Pada saat jalan lurus sepeda pasca stroke dapat dikayuh dengan ringan dan nyaman karena terdapat sandaran di belakang seperti pada gambar 5.19.



**Gambar 5. 18** Pengujian jalan Lurus

Pada saat belok sepeda pasca stroke cenderung netral, ringan dan tidak terguling seperti pada gambar 5.20.



**Gambar 5. 19** Pengujian jalan Belok

Pada saat pengujian zig-zag sepeda pasca stroke cenderung stabil dan tidak terguling seperti pada gambar 5.21.



**Gambar 5. 20** Pengujian jalan Zig-zag

Setelah dilakukan uji fungsi, dapat dinyatakan bahwa sepeda roda tiga untuk pasien pasca stroke dapat dikatakan aman, karena tidak terjadi patahan ataupun pengendara tidak terjatuh pada saat mengendarai sepeda. Ditambah dengan sistem hub yang sudah dirancang sehingga dapat membuat radius putar sepeda semakin kecil, yang berarti sepeda dapat berbelok dengan sudut putar yang lebih besar.

#### **5.4 Evaluasi**

Evaluasi pada sepeda pasca stroke dilakukan setelah pengujian pada setiap tahap pembuatan sepeda. Dimana menghasilkan hasil evaluasi seperti berikut

- Sepeda pasca stroke tidak stabil apabila dipakai pada jalan yang tidak landai
- Sepeda pasca stroke tidak didesain untuk kecepatan tinggi (diatas 20 km/jam) karena rangka sepeda sangat rigid dan sistem pengereman yang kurang maksimal

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan sepeda pasca stroke memiliki berat dan dimensi total sebagai berikut

Jenis	Nilai
Berat	22 kg
Panjang Total	1552 mm
Lebar Total	700 mm
Tinggi Total	1328 mm
Track Width	636 mm
Wheel Base	1052 mm

2. Dengan beban 120 kg, analisa kekuatan material pada rangka dan poros penggerak roda belakang sepeda pasca stroke menunjukkan hasil sebagai berikut:
  - Pada rangka untuk perhitungan manual tegangan normal maksimum bernilai 6,72 Mpa. Sedangkan apabila dianalisa melalui *Software*, tegangan maksimum Von Mises terjadi pada sambungan *Bottom Bracket* sebesar 41,26 Mpa dan didapatkan nilai *Safety factor* 8,68. Sehingga material *Aluminium 6061* sangat aman digunakan untuk rangka sepeda pasca stroke.
  - Pada poros untuk perhitungan manual dengan parameter *Safety Factor 2* nilai minimal diameter poros yang diijinkan yaitu 22 mm. Sedangkan setelah dianalisa menggunakan *Software* untuk poros defleksi maksimum ialah 0,5787 mm dan didapatkan nilai *Tengangn Von Mises* sebesar 364,5 Mpa.



Sehingga material Steel AISI 1040 aman digunakan untuk rangka sepeda pasca stroke.

3. Nilai RULA pada mode jalan lurus untuk pengendara laki-laki yaitu 3. Sedangkan Nilai RULA pada mode belok untuk pengendara yaitu 3. Artinya desain sepeda pasca stroke masih nyaman.

## **6.2 Saran**

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

- Untuk perkembangan sepeda kedepannya perlu dibuatkan *shockbreaker* agar sepeda pasca stroke dapat digunakan di medan yang lebih kasar.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Rodika. 2013. ***Rancang Bangun Sepeda untuk Pasien Pasca Stroke***. Surabaya: Thesis Magister Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [2] Riva'I, M. 2013. ***Pengujian Sepeda Pasca Stroke***. Surabaya: Thesis Magister Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [3] Nurul Faizi, Syifa'. 2015. ***Rancang Bangun Sepeda Pasca Stroke Lipat***. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [4] Oktavian, Sandy. 2016. ***Pengembangan Rancang Bangun Sepeda Pasca Stroke***. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [5] Chandra, Rahardian. 2017. ***Perancangan Rangka Sepeda Pasca Stroke Dengan Konsep Delta (1 Roda Depan dan 2 Roda Belakang)***. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [6] Salim, Lutfi Agus. 2017. ***Rancang Bangun Sepeda Pasca Stroke Konsep Delta***. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [7] Sutantra, I Nyoman. 2000. ***Teknologi Otomotif, Teori dan Aplikasinya***, Guna Widya: Surabaya.
- [8] Ulrich, Karl T., Eppinger, Steven D. 2003. ***Product Design and Development***. Mc Graw-Hill, Inc. Printed in Singapore.
- [9] Batan, I. M. L. .2012. ***Desain Produk***, Edisi Pertama. Guna Widya, Surabaya.

[Halaman Ini Sengaja Dikosongkan]

## BIODATA PENULIS



Ray Raditya lahir di Jakarta pada tanggal 3 Juli 1994. Anak pertama dari Bapak Rudianto Soedijanto dan Alm. Ernita Lisawati. Penulis menyelesaikan pendidikan formal di TK Al-Azhar 17 Bintaro (1998-2000), SD Islam Al-Azhar 17 Bintaro (2000-2006), SMP National Plus Djuwita Batam (2006-2009), SMAN 112 Jakarta Barat (2009-2012) dan melanjutkan ke Perguruan Tinggi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Fakultas Teknologi Industri,

Jurusan Teknik Mesin melalui jalur Mandiri.

Selama kuliah di Teknik Mesin mengambil konsentrasi di bidang Manufaktur dan bergabung dengan Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk. Penulis pernah bergabung dengan anggota Mechanical City 2012-2013 sebagai anggota Sie. Transportasi. Penulis juga pernah menjadi asisten Praktikum Pengukuran Teknik selama 4 semester. Apabila terdapat pertanyaan, saran dan masukan bisa di email ke [raditss112@gmail.com](mailto:raditss112@gmail.com)