



TUGAS AKHIR (TM-184835)

**PENGEMBANGAN MEKANISME
PENGGERAK RODA BELAKANG
SERAIT (SEPEDA RODA TIGA ITS)**

**Muhammad Sulthoni Kurniawan
NRP. 0211154000116**

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

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**



TUGAS AKHIR (TM-184835)

**PENGEMBANGAN MEKANISME
PENGGERAK RODA BELAKANG
SERAIT (SEPEDA RODA TIGA ITS)**

**Muhammad Sulthoni Kurniawan
NRP. 02111540000116**

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

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020**



FINAL PROJECT (TM-184835)

**DEVELOPMENT OF THE REAR WHEEL
MOVEMENT MECHANISM SERAITS**

**Muhammad Sulthoni Kurniawan
NRP. 0211154000116**

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

**DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology and Systems Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2020**

**PENGEMBANGAN MEKANISME PENGGERAK RODA
BELAKANG SERAITS (SEPEDA RODA TIGA ITS)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MUHAMMAD SULTHONI KURNIAWAN

NRP. 02111540000116

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Prof. Dr.Ing. Ir. I Made Londen Baran, M.Eng.
NIP. 195811061986011002..... (Pembimbing)
2. Arif Wahjudi, ST, MT, PhD.
NIP. 197303222001121001..... (Penguji I)
3. M.Khoirul Effendi, ST, MSc, Eng.
NIP. 198204142010121001..... (Penguji II)
4. Dinny Harnany, ST, MSc
NIP. 2100201405001..... (Penguji III)

**SURABAYA
JANUARI, 2020**

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

PENGEMBANGAN MEKANISME PENGGERAK RODA BELAKANG SERAITS (SEPEDA RODA TIGA ITS)

Nama Mahasiswa : Muhammad Sulthoni Kurniawan
NRP : 02111540000116
Departemen : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.

ABSTRAK

Pada tugas akhir ini pengembangan mekanisme penggerak roda belakang SERAITS (Sepeda Roda Tiga ITS) mengembangkan sepeda konsep delta dimana satu roda di depan dan dua roda di belakang. Konsep ini dikembangkan berdasarkan kebutuhan rehabilitasi stroke. Sejak tahun 2013 hingga tahun 2018 di Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Sepuluh Nopember telah merancang dan membuat sepeda roda tiga yang dimanfaatkan untuk membantu rehabilitasi penderita stroke. Hingga pada tahun 2018 terciptalah SERAITS .

Pada awal penelitian dilakukan Penyusunan List Of Requirement. Penyusunan List of requirement, didapatkan dari hasil survey dan observasi di Rumah Sakit Haji. Selanjutnya dilakukan kajian produk existing, meliputi pengamatan yang akan dijadikan acuan untuk mengembangkan SERAITS. Berdasarkan kriteria yang ada di dalam List of requirement serta pengamatan pada produk eksisting dilakukan pengembangan SERAITS. Pengembangan di fokuskan pada frame belakang sepeda dan mekanisme penggerak roda belakang sepeda. Frame belakang sepeda dikembangkan agar sepeda lebih mudah untuk dirakit, dan mekanisme penggerak roda belakang sepeda dikembangkan agar penggerak roda belakang mudah dilepas dan dipasang. Pada penggerak roda belakang, sepeda ini menggunakan sistem Single Freewheel yang bertujuan agar ketika sepeda belok terjadi perbedaan putaran antara roda belakang kanan dan roda belakang kiri. Pada bagian setir akan dilakukan analisa radius putar. Analisa radius putar dilakukan dengan metode Ackermann. Pada sistem pengereman menggunakan rem brake untuk rem depan dan rem tromol untuk rem belakang. Mekanisme penggerak dirancang menggunakan front derailleur dan rear derailleur. Dan Menggunakan velg 17" dan roda 20"x2,3".

Setelah dirancang maka selanjutnya dilakukan pembuatan, perakitan, dan pengujian fungsi sepeda secara menyeluruh. Pada proses pembuatan meliputi frame, poros, dan sandaran. Material untuk frame menggunakan Alluminium AISI 6061 dan proses penyambungan pipa dilakukan dengan las TIG (Tungsten Inert Gas). Sedangkan material yang digunakan untuk poros adalah Stel AISI 1040. Setelah dibuat maka komponen tersebut dirakit dengan komponen lainya seperti setir, rantai, pedal sprocket, dan roda hingga menjadi sebuah Prototype SERAITS. Selanjutnya prototype tersebut diuji fungsi untuk mengevaluasi fungsi utama dari bagian-bagian sepeda menggunakan SNI 7519:2019. Dari hasil uji fungsi sepeda, dapat dinyatakan bahwa SERAITS aman untuk digunakan. Dari penelitian ini diharapkan SERAITS ini dapat digunakan untuk membantu rehabilitasi penderita stroke.

Kata kunci : SERAITS, Mekanisme Penggerak Roda Belakang, Sistem Pengereman, SNI 7519:2009

DEVELOPMENT OF THE REAR WHEEL MOVEMENT MECHANISM SERAITS

Name : Muhammad Sulthoni Kurniawan
NRP : 0211154000116
Department : Teknik Mesin
Academic Advisor : Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen Batan, M.Eng.

ABSTRACT

In this final project, the development of SERAITS (Sepeda Roda Tiga ITS) rear wheel drive develop the delta concept in which one wheel is in front and two wheels are installed in the rear axle. This concept was developed based on the needs of stroke rehabilitation. From 2013 to 2018 at the Laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk, Department of Mechanical Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember has supported and made tricycles that are used to help the rehabilitation of stroke patient. And in 2018 SERAITS was created.

At the beginning of the study a List of Requirements was prepared. Preparation of List of Requirements was obtained from the results of surveys and observations at Rumah Sakit Haji. Then a study of existing product is carried out, including observations that will become a reference for developing SERAITS. Based on the criteria in the List of requirements as well as the result of observations on existing products, SERAITS is developed. The development is focused on the rear frame of the tricycle and the rear wheel drive mechanism of the tricycle. The rear frame of the tricycle was developed to make the bike easier to assemble, and the rear wheel drive mechanism of the tricycle was developed so that the rear wheel drive is easy for maintenance. In the rear wheel drive, this bike uses the Single Freewheel system which aims to make a difference in rotation between the right rear wheel and the left rear wheel when the bike turn round. In the steering wheel, a turning radius analysis will be performed. The turning radius analysis is done with the Ackermann Method. The braking system use rim brakes for front brakes and drum brakes for rear brakes. The drive mechanism is designed using front derailleur and rear derailleur. And using 17 " rim and 20" x2.3 "wheels.

After it is designed, it is then carried out for manufacturing, assembling, and testing the overall function of the tricycle. The

manufacturing process includes the frame, shaft and backrest. The material for the frame use Alluminium AISI 6061 and the pipe connection process is carried out with TIG (Tungsten Inert Gas) welding. While the material used for the shaft is AISI 1040 Steel. After being made, the components are assembled with other components such as steering wheels, chains, sprocket, pedals, and wheels to become a prototype of SERAITS. Furthermore, the prototype was tested to evaluate the main function of tricycle parts using SNI 7519: 2019. From the results of the tricycle function test, it can be stated that SERAITS is safe to use. From this research it is hoped that SERAITS can be used to help rehabilitation of stroke patients.

Keywords : SERAITS, Rear Wheel Drive Mechanism, Braking System, SNI 7519 : 2009

KATA PENGANTAR

Allhamdulillah, puji syukur saya haturkan kehadiran Allah SWT karena dengan karunia-Nya, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pengembangan Mekanisme Penggerak Roda Belakang SERAITS (Sepeda Roda Tiga ITS)”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pendidikan sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi semua anugerah, berkah dan hidayah kepada penulis.
2. Bapak Gendut Murjito, S.E. dan Ibu Yuni Rubiatun, S.Pd. sebagai bapak dan ibu saya yang mampu mengantarkan penulis menuntun ilmu sampai ke perguruan tinggi dengan segala keterbatasan yang dimiliki.
3. Myra Kurniawati, S.Psi. dan Muhammad Yusuf Kurniawan, S.T. selaku kakak penulis yang senantiasa mendoakan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen Batan, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Arif Wahjudi, ST, MT, PhD.; M. Khoirul Effendi, ST, MSc.Eng.; Dinny Harnany, ST,Msc. sebagai dosen penguji penulis yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
6. Prof. Dr. Ir. Prabowo, M.Eng. sebagai dosen wali yang telah membimbing dan mendukung penulis dalam menyelesaikan studi kuliah penulis.
7. Pak Dani Susanto, ST, Mas Panjol Harianto dan seluruh karyawan CV.Smartech 2007 yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pembuatan SERAITS.
8. Aura Chantiqa Niantiara yang senantiasa membantu, memotivasi dan menyemangati penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

9. Teman-teman M58, Lab Perancangan dan Pengembangan Produk : Jamal, Mas Hanief, Mas Nino, Mas Rado, Mas Bintang, Mas Hanggara, Syamsul, Mas Lukman, Rosa, beserta teman lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu- persatu.
10. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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 sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Penulis berharap semoga hasil penulisan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 20 Januari 2020

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rehabilitasi Pasien Pasca Stroke	5
2.1.1 Sepeda Statis	5
2.1.2 Treadmill	6
2.2 Penelitian Terdahulu	6
2.3 Dinamika Kendaraan	10
2.3 Teori Kegagalan	12
2.3.1 Teori Tegangan Geser Maksimum (Tresca)	12
2.3.2 Teori Tegangan Normal Maksimum (Rankine)	12
2.3.3 Teori Regangan Normal Maksimum	13
2.4 Analisis RULA	13
2.5 Pengujian Sepeda	18
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Diagram Alir Penelitian	21
3.2 Langkah – Langkah Penelitian	22
3.2.1 Studi Literatur	22
3.2.2 Kajian Produk Eksisting	23
3.2.3 Identifikasi dan perumusan masalah	23
3.2.4 Pembuatan konsep <i>frame</i> belakang dan mekanisme penggerak roda belakang SERAITS	23

3.2.5	Analisis RULA	23
3.2.6	Pemilihan jenis dan dimensi material	23
3.2.7	Analisis Kekuatan Material	23
3.2.8	Pembuatan Detail Gambar Teknik	24
3.2.9	Pembuatan <i>Frame</i> dan Mekanisme Penggerak Roda Belakang SERAITS	24
3.2.10	Uji Fungsi SERAITS	24
3.2.11	Kesimpulan dan Saran	24
BAB IV PENGEMBANGAN MEKANISME SERAITS		25
4.1	Daftar Kebutuhan (<i>List of Requirement</i>)	25
4.2	Kajian Produk Eksisting	26
4.3	Rancangan Pengembangan SERAITS	31
4.4	Bagian-Bagian Komponen Utama SERAITS	32
4.4.1	<i>Frame</i> Sepeda	33
4.4.2	Mekanisme Penggerak Roda Belakang	41
4.4.3	Crank	41
4.4.4	Handle Bar	42
4.4.5	Sistem Pengereman	42
4.5	Analisa RULA Desain SERAITS	43
BAB V PEMBUATAN FRAME DAN PERAKITAN, SERTA PENGUJIAN SERAITS		45
5.1	Pembuatan Komponen Utama SERAITS	45
5.1.1	Rancangan Pembuatan <i>Frame</i> SERAITS	45
5.1.2	Rancangan Pembuatan Mekanisme Penggerak Roda Belakang SERAITS	48
5.2	Rancangan Perakitan SERAITS	50
5.3	Pengujian SERAITS	55
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		61
6.1	Kesimpulan	61
6.2	Saran	62
DAFTAR PUSTAKA		63
LAMPIRAN		64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sepeda Roda Tiga Hasil Rancangan Ray (2018)	2
Gambar 2.1 Sepeda Statis yang Digunakan Unit Rehabilitasi RSUD Dr. Soetomo [Chandra, 2016]	5
Gambar 2.2 Treadmill Milik Laboratorium P3 Teknik Mesin ITS	6
Gambar 2.3 Konsep Sepeda Pasca Stroke [Rodika dkk, 2013]	7
Gambar 2.4 Sepeda Pasca Stroke a) Konsep Pertama b) Konsep Kedua [Andi, 2014]	7
Gambar 2.5 Pengembangan Sepeda Pasca Stroke [Chandra dkk. 2016]	8
Gambar 2.6 Pengembangan Sepeda Pasca Stroke [Agus. 2017]	9
Gambar 2.7 Pengembangan Sepeda Pasca Stroke [Ray. 2018]	9
Gambar 2. 8 Kinematika Kendaraan Belok [Nyoman S, 2010]	10
Gambar 2. 9 Kondisi Ketika Kendaraan Belok [Nyoman S, 2010]	11
Gambar 2.10 Penentuan nilai RULA untuk grup A [McAtamney, 1993]	15
Gambar 2.11 Penentuan nilai RULA untuk grup B [McAtamney, 1993]	16
Gambar 2.12 Skoring untuk RULA [McAtamney, 1993]	18
Gambar 2.13 Uji Kekuatan Sepeda Ketika Tidak Bergerak [SNI 7519,2009]	18
Gambar 2.14 Uji Kekuatan Sepeda Ketika Bergerak	

[SNI 7519,2009]	19
Gambar 2.15 Pengujian Kestabilan dengan Sudut 10° a) Menghadap ke Atas, b) Menghadap ke Bawah, c) Menghadap ke Samping [SNI 7519,2009]	20
Gambar 3.1 Diagram alir pengembangan mekanisme penggerak roda belakang SERAITS	22
Gambar 4.1 SERAITS hasil rancangan Ray (2018)	26
Gambar 4.2 Sandaran dan <i>saddle</i> pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)	27
Gambar 4.3 <i>Frame</i> belakang pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)	27
Gambar 4.4 <i>Free Body Diagram</i> Terjadinya Gaya Gesek	28
Gambar 4.5 Tampak roda pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)	28
Gambar 4.6 Sistem pengereman pada sepeda tanpa rem depan hasil rancangan Ray (2018)	29
Gambar 4.7 Terjadi <i>bending</i> pada penguat sepeda hasil rancangan Ray (2018)	29
Gambar 4.8 Sprocket depan pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)	30
Gambar 4.9 Sprocket belakang pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)	30
Gambar 4.10 Rancangan Terbaru SERAITS	31
Gambar 4.11 Komponen Utama Rancangan Baru SERAITS	32
Gambar 4.12 Rancangan <i>Frame</i> Depan	33
Gambar 4.13 Rancangan <i>Frame</i> Belakang	34
Gambar 4.14 Rancangan <i>Frame</i> SERAITS	34
Gambar 4.15 Dimensi Rancangan <i>Frame</i> SERAITS, (a) Dimensi Tampak Atas, (b) Dimensi Tampak Samping	35
Gambar 4.16 <i>Free Body Diagram</i> <i>Frame</i> SERAITS	37
Gambar 4.17 Posisi rem pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)	42
Gambar 4.18 Pengembangan Sistem Pengereman SERAITS: (a) Rem depan; (b) Rem Belakang	43
Gambar 4.19 Hasil Analisa RULA pada CATIA V5 ketika jalan lurus	44
Gambar 4.20 Hasil Analisa RULA pada CATIA V5 ketika jalan berbelok	44

Gambar 5. 1 Sub Komponen <i>Frame</i> Depan	45
Gambar 5. 2 Sub Komponen <i>Frame</i> Belakang	47
Gambar 5. 3 Dimensi Komponen Poros	49
Gambar 5. 4 Diagram Perakitan <i>Frame</i> Depan	50
Gambar 5. 5 Diagram Perakitan <i>Frame</i> Belakang	51
Gambar 5. 6 Diagram Perakitan <i>Frame</i> SERAITS	51
Gambar 5. 7 Hasil dari Perakitan <i>Frame</i> SERAITS	52
Gambar 5. 8 Susunan Mekanisme Penggerak Roda belakang	53
Gambar 5. 9 Diagram Perakitan SERAITS	54
Gambar 5. 10 SERAITS dengan Rancangan Terbaru	55
Gambar 5. 11 Pengujian SERAITS dengan Gaya Statik dalam Posisi: a) Diam, b) Bergerak	56
Gambar 5. 12 Pengujian Kestabilan SERAITS : a) menghadap ke atas, b) menghadap ke bawah, c) menghadap ke samping	56
Gambar 5. 13 Pengujian Jalan Lurus	58
Gambar 5. 14 Pengujian Jalan Belok	58
Gambar 5. 15 Pengujian Jalan Zig-zag	59

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Stroke adalah penyakit yang terjadi akibat gangguan pada saluran darah dari jantung menuju otak. Stroke dapat mengakibatkan kematian apabila tidak segera mendapatkan pertolongan pertama. 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 seriusnya dampak yang ditimbulkan stroke dan pentingnya penanganan yang harus dilakukan penderita pasca stroke melalui terapi fisik, sepeda statis, treadmill, terapi outdoor dan lain-lain. Pada tahun 2013 Rodika & Rivai merancang sepeda pasca stroke dengan konsep tadpole yaitu sepeda dengan 2 roda di depan dan 1 roda di belakang. Mekanisme penggerak dari sepeda pasca stroke ini dibagi 2 yaitu mekanisme penggerak tangan dan mekanisme penggerak kaki. Selain itu mekanisme penggerak dari sepeda ini juga dilengkapi dengan sistem pemindah gigi untuk memudahkan pengaturan pada saat jalan mendatar maupun menanjak. Berdasarkan uji jumlah kayuhan responden pasca stroke dalam 30 hari [Rosa, 2018], 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 setiap hari.

Tabel 1. 1 Peningkatan jumlah kayuhan [Rosa,2018]

Responden	Peningkatan (dalam %)
A	7.33
B	5.28
C	3.33
D	3.97
Rata-rata Peningkatan	4.9775

Tahun 2015 Syifa mengembangkan konsep sepeda pasca stroke lipat dengan dimensi yang lebih kecil. Mekanisme kunci

lipatnya berada pada pipa tengah dan berada pada *frame* depan. Mekanisme penggeraknya menggunakan penggerak tangan dan penggerak kaki.

Pada tahun 2016, Sandy mengembangkan konsep rancang bangun sepeda pasca stroke yang lebih *rigid*. 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. 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. 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.

Pada tahun 2018, Ray membuat sepeda pasca stroke konsep delta dengan berat total 22 Kg. Sepeda pasca stroke rancangan Ray memperbaiki kelemahan sepeda – sepeda sebelumnya, yaitu permasalahan berat total sepeda. Terdapat beberapa permasalahan pada sepeda rancangan Ray, yaitu sadle tempat duduk yang terlalu sempit bagi penderita stroke yang mempunyai berat badan 100 kg ke atas, sambungan pada *frame* sandaran dengan *sadle* kurang kuat, terdapat kesulitan untuk melakukan proses *assembly frame* belakang dan tensioner yang kurang tinggi dari jalan.



Gambar 1. 2 Sepeda Roda Tiga Hasil Rancangan Ray (2018).

Sepeda roda tiga yang dirancang oleh Ray (2018) menghasilkan *frame* yang lebih bagus dari pada milik Agus (2017). Perancangan sepeda roda tiga untuk pasien pasca stroke ini akan dilakukan pengembangan terhadap konsep *frame* belakang dan mekanisme penggerak roda belakang sepeda. Pada rancangan sebelumnya terdapat kesulitan ketika proses perakitan dan tensioner terlalu rendah, maka perlu dilakukan perubahan desain pada penggerak roda belakang. Dari perbaikan desain dan pengembangan ini, diharapkan didapatkan sebuah sepeda yang nyaman, kuat, dan aman.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang *frame* belakang SERAITS yang lebih mudah dirakit.
2. Bagaimana merancang mekanisme penggerak roda belakang SERAITS yang mudah untuk dibongkar dan pasang.

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah:

1. Merancang *frame* belakang SERAITS yang lebih mudah dirakit.
2. Merancang mekanisme penggerak roda belakang SERAITS yang mudah untuk dilepas dan pasang.

1.4 Batasan Masalah

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

1. Sepeda ditujukan untuk penderita pasca stroke, yaitu penderita yang sudah mampu berjalan, duduk dan melakukan aktifitas ringan seperti menyapu, berjalan dan lain-lain.
2. Rancangan sepeda yang dikembangkan adalah model *delta*, yaitu sepeda roda tiga dengan 1 roda di depan dan 2 roda di belakang.
3. Pengguna sepeda dirancang untuk tinggi antara 150 cm hingga 180 cm (antropometri tubuh manusia Indonesia secara umum).
4. Rancangan dikhususkan pada penggerak roda belakang dan sistem pengereman.
5. Analisis kenyamanan dilakukan dengan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*).

6. Proses manufaktur dan perakitan sepeda dibatasi pada proses pembuatan *frame* 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 Pasien Pasca Stroke

Alat terapi pasien pasca stroke berguna untuk rehabilitasi. Rehabilitasi ini bertujuan untuk membantu pemulihan fisik yang lebih cepat dan optimal serta menghindari kekakuan sendi (kontraktur). Rehabilitasi ini ada yang dilaksanakan di indoor dan juga ada yang dilaksanakan di outdoor. Pada rehabilitasi indoor digunakan beberapa alat terapi alternatif seperti sepeda statis, Leg and Arm / Upper Body Trainer dan Treadmill. Berikut akan diuraikan beberapa alat terapi untuk penderita stroke.

2.1.1 Sepeda Statis

Alat terapi sepeda statis merupakan alat terapi yang umum terdapat di rumah sakit maupun toko alat-alat kesehatan dan 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 persendriannya. Khusus untuk pasien *pasca stroke* yang biasanya mengalami gangguan keseimbangan, 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.



Gambar 2. 7 Sepeda Statis yang Digunakan Unit Rehabilitasi RSUD Dr. Soetomo [Chandra, 2016]

2.1.2 Treadmill

Studi baru menemukan bahwa program latihan berjalan yang terstruktur dan progresif menggunakan treadmill efektif membantu pasien yang terdampak stroke setelah satu tahun dalam membangun kekuatan dan keseimbangan tubuh. Studi ini juga menemukan bahwa pasca stroke, 52 persen pasien stroke yang berpartisipasi, baik dalam program terapi fisik yang mencakup latihan berjalan menggunakan treadmill maupun program rumahan yang berfokus pada kekuatan progresif dan latihan keseimbangan, kesemuanya diketahui mengalami peningkatan dalam kemampuan berjalan.

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. 8 Treadmill Milik Laboratorium P3 Teknik Mesin ITS.

2.2 Penelitian Terdahulu

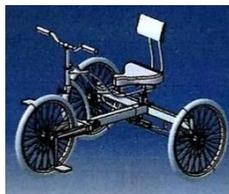
Pada tahun 2013, Rodika mendesain sepeda pasca stroke dengan konsep delta yaitu dengan 1 roda di depan dan 2 roda di belakang seperti pada gambar 2.3. Posisi kaki pengendara berada dibawah dan pergerakan kaki dengan cara dikayuh. Sistem transmisi menggunakan Chain dan sprocket. Selain menggunakan kaki, pengayuh roda juga dapat dilakukan dengan tangan, dimana posisi tangan berada pada tuas stang dan pergerakannya dengan cara menarik

tuas dan mendorong, untuk pergerakan belok dengan cara menggerakkan tuas miring kekanan dan ke kiri, transmisi menggunakan tuas dan eksentrik diteruskan rantai dan sprocket.



Gambar 2. 9 Konsep Sepeda Pasca Stroke [Rodika dkk, 2013]

Pada tahun 2014, Andi mendesain dua konsep sepeda pasaca stroke dengan konsep delta. Konsep desain Sepeda yang pertama di desain dengan posisi sadel yang dapat begeser ke depan atau ke belakang. Begitu juga dengan posisi kayuh kaki yang dapat diatur dan disesuaikan dengan panjang kaki pemakai. Sedangkan konsep desain sepeda yang kedua yaitu dengan roda di depan sebagai roda kemudi dan sekaligus sebagai roda penggerak karena pedal kayuh berada dalam satu sistem yang terhubung langsung dengan poros roda depan, sepeda ini tidak hanya digerakkan oleh pedal kaki saja melainkan untuk bergerak bisa dengan mengayunkan kemudi ke depan dan ke belakang. Selain itu sepeda ini juga dilengkapi dengan stand pose yang di pasang pada roda garpu dengan tujuan supaya sepeda ini juga bisa dimanfaatkan sebagai terapi statis baik di dalam ruangan maupun di halaman rumah. Gambar 2.4 merupakan konsep sepeda pasca stroke yang di desain oleh Andi.



(a)



(b)

Gambar 2.10 Sepeda Pasca Stroke a) Konsep Pertama b) Konsep Kedua [Andi, 2014]

Pada tahun 2016, saudara Chandra mendesain sepeda dengan konsep delta. Desain sepeda milik Chandra lebih difokuskan untuk

memperbaiki sisi kemudi sepeda sebelumnya, pengembangan sepeda tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2. 11 Pengembangan Sepeda Pasca Stroke [Chandra dkk. 2016].

selain memperbaiki sisi kemudi sepeda, pengembangan sepeda juga dilakukan dari sisi berat dengan cara mengganti material *frame* sepeda menjadi Aluminium 6061 sehingga berat sepeda menjadi ringan. Setelah dilakukan kajian terhadap sepeda yang dirancang oleh (Chandra, dkk, 2016), didapatkan beberapa evaluasi. Diantaranya adalah:

1. Jarak antara roda depan dan roda belakang terlalu dekat, sehingga ketika berbelok kaki pengayuh berbenturan dengan roda depan.
2. Pada penggerak roda belakang belum terdapat mekanisme *assembly* dan *disassembly*. Mekanisme tersebut sangat diperlukan karena untuk keperluan repair dan ganti komponen. Selain itu, untuk membuat sepeda bergerak maka pedal harus selalu dikayuh, karena belum adanya freewheel pada penggerak roda belakang. Kondisi seperti itu membuat pengendara sangat tidak nyaman.
3. Design penyangga tubuh bagian belakang tidak fleksibel. Sehingga perlu di design mekanisme penyangga tubuh yang fleksibel.
4. Tidak ada pengikat antara kaki dengan pedal dan tangan dengan steer. Kondisi seperti ini akan membuat tangan dan kaki pasien terpleset dari pedal dan setir.

Pada tahun 2017, saudara Agus mendesain sepeda dengan konsep delta. Desain sepeda milik Agus lebih difokuskan untuk memperbaiki kursi pengemudi sepeda sebelumnya, pengembangan sepeda tersebut dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 12 Pengembangan Sepeda Pasca Stroke [Agus. 2017]. selain memperbaiki sisi kursi pengemudi, pengembangan sepeda juga dilakukan dari bentuk *frame* yang lebih ergonomis dan modern, sehingga penampilan dari sepeda pasca stroke ini lebih menarik minat orang lain untuk mencobanya.

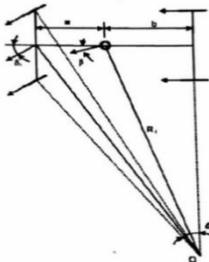
Pada tahun 2018, saudara Ray mendesain sepeda dengan konsep delta juga yang telah diketahui lebih cocok untuk pasien pasca stroke. Desain sepeda milik Ray lebih difokuskan untuk memperbaiki *frame* utama sepeda sebelumnya, pengembangan sepeda tersebut dapat dilihat pada gambar 2.7. dan berat total untuk sepeda ini adalah 24 kg dengan bahan Alumunium 6061.



Gambar 2. 7 Pengembangan Sepeda Pasca Stroke [Ray. 2018]. sepeda ini dirancang agar berat dan dimensi sepeda lebih kecil dari pada sebelumnya. Tetap menggunakan bahan Alumunium 6061 sehingga berat sepeda menjadi ringan, dimana semula 24 kg menjadi 22 kg. Dengan cara mengurangi dimensi yang dirasa tidak diperlukan dan membuat sepeda lebih ringan.

2.3 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 2.8 menjelaskan arah vektor gaya belok yang terjadi di kendaraan.



Keterangan:
 O = pusat putar sementara
 Ri= radius belok ideal
 θ_i = sudut belok ideal
 β = sudut side slip kendaraan
 δ_f = sudut steer rata-rata dari roda depan

Gambar 2. 8 Kinematika Kendaraan Belok [Nyoman S, 2010]

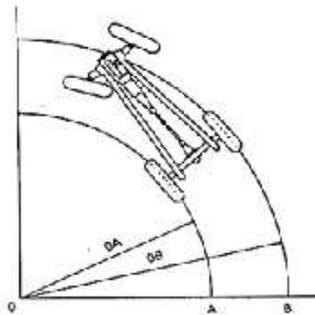
Persamaan 2.1 memberikan pendekatan perhitungan radius belok kendaraan dalam kondisi ideal. Kondisi ini hanya terjadi ketika gaya lateral pada roda sangat kecil sehingga tidak mampu membentuk sudut slip pada roda. Semakin tinggi kecepatan kendaraan, atau makin tajam belokan kendaraan maka makin besar gaya lateral yang terjadi.

$$R_t = \frac{a+b}{\delta_l} 57,29 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan keterangan :

- R_t = Radius belok kendaraan
- a = Radius belok roda yang dekat dengan sumbu putar
- b = Radius belok roda yang dekat dengan sumbu putar
- δ_l = Koefisien gaya lateral

Ketika kendaraan belok, jarak tempuh roda bagian dalam akan lebih kecil dibanding jarak tempuh roda bagian luar (ditunjukkan pada Gambar 2.9) sehingga roda bagian luar harus memiliki kecepatan yang lebih tinggi dari roda bagian dalam. Persamaan 2.1 digunakan untuk menghitung putaran roda bagian dalam maupun roda bagian luar saat berbelok.



Gambar 2. 9 Kondisi Ketika Kendaraan Belok [Nyoman S, 2010]

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 2.2.

$$F_c \cdot h > W \cdot \frac{t}{2} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$\mu \cdot m \cdot g \cdot h = m \cdot g \cdot \frac{t}{2} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$\mu_t = \frac{t}{2h} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$V_{g \max} = \sqrt{\frac{R \cdot g \cdot t}{2h}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan keterangan:

F_c = Gaya roll/guling

W = Berat kendaraan

h = Jarak vertikal roll/guling

t = Jarak horizontal roll/guling

μ_t = Koefisien gesek roda dengan jalan

Persamaan 2.3 menjelaskan analisis koefisien gesek roda dan jalan. Persamaan 2.4 digunakan untuk analisis *skid* dengan faktor koefisien gesek roda ideal antara ban dan jalan. Persamaan 2.5

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.

$$\tau_{\max} \leq \frac{\tau_{ys}}{N} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan keterangan:

$$\begin{aligned} \tau_{\max} &= \text{Tegangan geser maksimum desain} \\ \tau_{ys} &= \text{Tegangan geser yield desain} \\ N &= \text{Faktor keamanan} \end{aligned}$$

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:

$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{yt}}{N} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\sigma_c \text{ maksimum} \leq \frac{S_{yc}}{N} \dots\dots\dots(2.8)$$

Bila gagal dinyatakan pada saat patah maka:

$$\sigma_t \text{ maksimum} \leq \frac{S_{ut}}{N} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\sigma_c \text{ maksimum} \leq \frac{S_{uc}}{N} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan keterangan:

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \text{Tegangan tarik maksimum desain} \\ \sigma_c &= \text{Tegangan tekan maksimum desain} \\ S_{ut} &= \text{Tegangan tarik maksimum desain} \end{aligned}$$

$$S_{uc} = \text{Tegangan tekan maksimum desain}$$

$$N = \text{Faktor keamanan}$$

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 [Callister, 2007]

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

2.3.3 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:

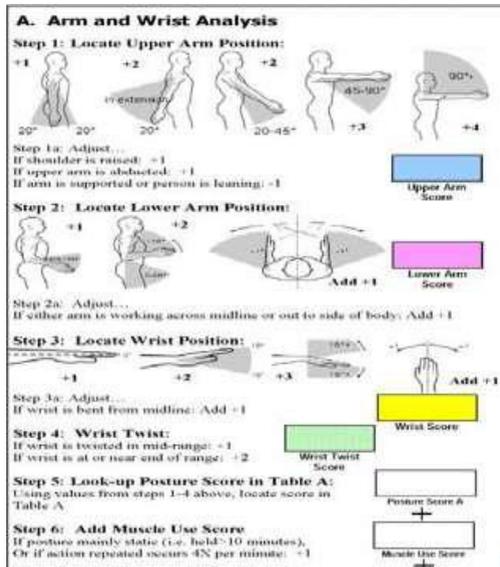
Tabel 2. 2 Tahapan aplikasi metode RULA [McAtamney, 1993]

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.

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 2.10 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.

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

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

Step 10: Locate Trunk Position:

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

Table B: Trunk Posture Score

Neck	Legs	Legs	Legs	Legs	Legs
1	1	2	1	2	1
2	3	3	3	3	3
3	3	3	3	3	3
4	3	3	3	3	3
5	3	3	3	3	3
6	3	3	3	3	3

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

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

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

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.

Gambar 2.11 Penentuan nilai RULA untuk grup B [McAtamney, 1993]

Tabel 2. 3 Tabel RULA Bagian A [McAtamney,1993]

Table A: Wrist Posture Score

Upper Arm	Lower Arm	1	2	3	4
		Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist	Wrist Twist
1	1	1	2	2	3
	2	2	2	3	3
	3	2	3	3	4
2	1	2	3	3	4
	2	3	3	3	4
	3	3	4	4	5
3	1	3	4	4	5
	2	3	4	4	5
	3	4	4	4	5
4	1	4	4	4	5
	2	4	4	4	5
	3	4	4	5	6
5	1	5	5	5	6
	2	5	6	6	7
	3	6	6	7	7
6	1	7	7	7	8
	2	8	8	8	9
	3	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. 4 Tabel RULA bagian C [McAtamney, 1993]

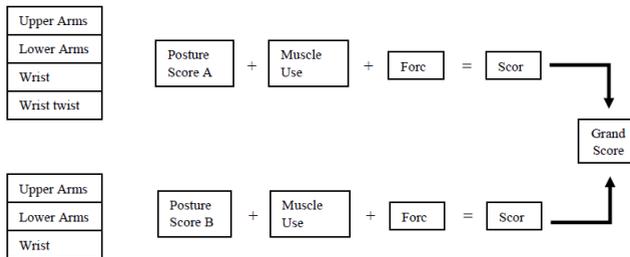
	1	2	3	4	5	6	7+
Wrist and Arm Score							
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

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

Tabel 2. 5 Nilai tingkat resiko cedera [McAtamney, 1993]

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

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



Gambar 2.12 Skoring untuk RULA [McAtamney, 1993]

2.5 Pengujian Sepeda

Berdasarkan Badan Standart Nasional Indonesia (SNI) 7519: 2009, uji keselamatan sepeda roda tiga dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain dengan pengujian kekuatan statik tak bergerak, pengujian kekuatan dinamis dan pengujian kestabilan.

2.5.1 Uji Kekuatan Sepeda dengan Gaya Statik dalam Posisi Tidak Bergerak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat sepeda yang diuji ini dengan cara diberikan beban pemberat pada dudukan pengendara. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk mengetahui perubahan bentuk atau komponen yang patah pada posisi tak bergerak. Beban 50 kg ± 0,5 kg diletakkan diatas *saddle*. Setelah itu sepeda diletakkan pada lantai yang datar dengan posisi diam dan bila diperlukan diberi ganjalan pada roda berupa balok kayu agar tidak bergerak. Kemudian beban pemberat diletakkan pada bagian *saddle*. Bila sepeda yang diuji tidak rusak atau patah pada bagian komponen pipa, maka sepeda dinyatakan lulus. Susunan pengujian gaya statik dalam posisi tidak bergerak seperti gambar 2.13 dibawah



Gambar 2.13 Uji Kekuatan Sepeda Ketika Tidak Bergerak [SNI 7519,2009]

2.5.2 Uji Kekuatan Sepeda dengan Gaya Statik dalam Posisi Bergerak

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa kuat sepeda yang diuji ini dengan cara diberikan beban pemberat pada dudukan pengendara. Kemudian diberi gaya dorong pada sepeda uji. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk mengetahui perubahan bentuk atau komponen yang patah pada posisi bergerak. Beban $50 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$ diletakkan diatas *saddle* dan dikayuh dengan kecepatan $2 \text{ m/detik} \pm 0,2 \text{ m/detik}$ pada lintasan lurus. Setelah itu sepeda diletakkan pada lantai yang datar dengan posisi diam dan bila diperlukan diberi ganjalan pada roda berupa balok kayu agar tidak bergerak. Bila sepeda tidak terjadi kerusakan patah/retak dan komponen-komponen sepeda masih komplit serta tidak terguling, maka sepeda dinyatakan lulus. Susunan pengujian gaya statik dalam posisi tidak bergerak seperti gambar 2.14 dibawah



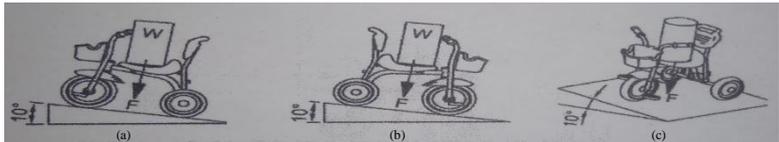
Gambar 2.14 Uji Kekuatan Sepeda Ketika Bergerak [SNI 7519,2009]

2.5.3 Uji Kestabilan Sepeda

Pada pengujian kestabilan ini sepeda akan berada di bidang miring dengan sudut 10° . Pengujian ini dibuat agar pengendara aman (tidak terguling atau terbalik) ketika mengendarai sepeda di jalan dengan kemiringan sudut 10° . Sepeda diberi beban dengan berat $50 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$ seperti terlihat pada Gambar 2.12. Kemudian papan bersudut (miring) dengan sudut kemiringan 10° pengujian gaya statik dalam posisi bergerak seperti gambar 2.15 dibawah. Dengan meletakkan papan bersudut 10° dengan berbagai posisi meliputi:

- Menghadap ke atas (*falling up the slope 10°*) dengan sudut 10° posisi roda depan di atas menyudut 10° .
- Menghadap ke bawah (*falling down the slope 10°*), dengan sudut 10° , posisi roda depan di bawah menyudut 10° .

- c) Miring ke samping (*across the slope 10°*) dengan sudut 10° , posisi sepeda menghadap ke samping dengan kemiringan sudut 10° .



Gambar 2.15 Pengujian Kestabilan dengan Sudut 10° a) Menghadap ke Atas, b) Menghadap ke Bawah, c) Menghadap ke Samping [SNI 7519,2009]

Kemudian pada setiap posisi diberikan bahan pemberat sebesar $50 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$, yang diletakkan diatas *saddle* sepeda. Dari hasil uji sepeda pada uji kestabilan sepeda diatas papan bersudut, apabila tidak patah disetiap komponen dan juga tidak terguling atau terbalik, maka sepeda dinyatakan lulus.

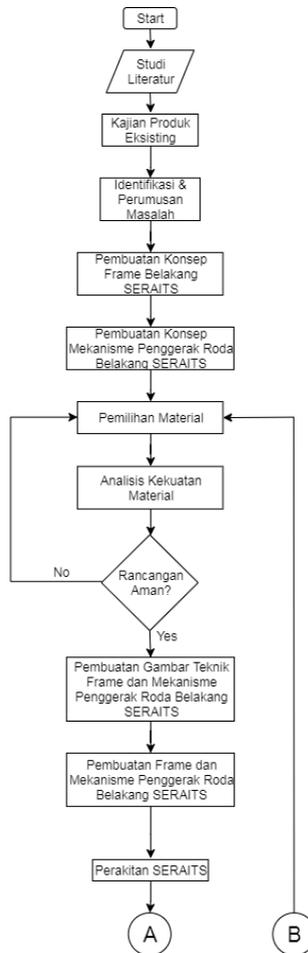
2.5 Pengujian Dinamis

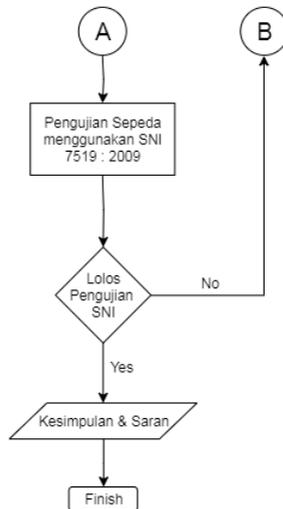
Pengujian dinamis dilakukan pada sepeda secara langsung di lapangan. Pengujian dinamis perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi sepeda saat digunakan di lapangan (Field Test). Dalam pengujian dinamis, akan diketahui performa sepeda saat dikayuh baik di lintasan lurus, belok dan menanjak maupun menurun. Pada pengujian ini dilakukan dengan sepeda digunakan pada jalan dengan total lintasan 1 km, dengan melewati jalur yang terdapat lintasan lurus, belok dan menanjak maupun menurun.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, tahapan yang dilakukan dalam pengembangan desain SERAITS ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 2 Diagram alir pengembangan mekanisme penggerak roda belakang SERAITS.

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 *frame* belakang dan mekanisme penggerak roda belakang sepeda
5. Analisis RULA
6. Pemilihan jenis dan dimensi material
7. Analisis kekuatan material
8. Pembuatan detail gambar teknik
9. Pembuatan *frame* belakang dan mekanisme penggerak roda belakang sepeda
10. Uji fungsi sepeda
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 SERAITS 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 Ray (2018).

3.2.3 Identifikasi dan perumusan masalah

Permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya adalah pembuatan alat bantu terapi berupa sepeda roda tiga untuk penderita pasca stroke yang diberi nama SERAITS. Masalah yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan *frame* belakang dan mekanisme penggerak roda belakang pada SERAITS. Berdasarkan feedback yang didapat dari penelitian Rosa (2018) berupa saran dan keluhan dari pengguna sepeda *pasca stroke* rancangan Ray (2018) yang dirangkum dan dijadikan acuan dalam pembuatan *frame* belakang dan mekanisme penggerak roda belakang SERAITS.

3.2.4 Pembuatan konsep *frame* belakang dan mekanisme penggerak roda belakang SERAITS

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

3.2.5 Analisis RULA

Perancangan geometri dari *frame* 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. 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 Pemilihan jenis dan dimensi material

Pemilihan material yang akan digunakan pada *frame* SERAITS dan pengembangan mekanisme penggerak roda belakang SERAITS.

3.2.7 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.

3.2.8 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.

3.2.9 Pembuatan *Frame* dan Mekanisme Penggerak Roda Belakang SERAITS

Pembuatan *frame* sepeda mengacu pada dimensi yang ada pada gambar teknik. Proses pembentukan dan pemesinan dapat meliputi *cutting*, *bending*, *turning*, dan *welding*. Ketika pembuatan *frame* sepeda, perlu memikirkan pula mekanisme penggerak roda belakang. Dimana penggerak roda belakang meliputi *crank*, *derailleur*, rantai, *sprocket*, pedal, poros belakang, bearing, *House bearing*, rem belakang, roda dan *velg*.

Setelah *frame* dan mekanisme penggerak sudah selesai, maka perakitan *frame* sepeda dapat dilakukan. Perakitan meliputi pemasangan dan penyetulan komponen sehingga semua fungsi dapat capai sebagai fungsi sepeda.

3.2.10 Uji Fungsi SERAITS

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

3.2.11 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 MEKANISME SERAITS

4.1 Daftar Kebutuhan (*List of Requirement*)

Untuk pengembangan SERAITS, dilakukan survei pasien *pasca stroke* yang melakukan rehabilitasi di Rumah Sakit Haji Surabaya. Dari hasil survey yang dilakukan pada bulan November 2018, disusun *list of requirement* seperti yang terlihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 List Of Requirement SERAITS

TEKNIK MESIN ITS	LIST OF REQUIREMENT	
	Nama produk / komponen : SERAITS	
S / H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
Keamanan:		
S	Kuat terhadap guncangan ketika sepeda dinaiki oleh pengguna	M.Sulthoni K.
S	Penyangga sandaran tidak mengalami defleksi	
Ergonomis		
S	Posisi <i>handle bar</i> dan tangan ketika berbelok tidak menabrak kaki	M.Sulthoni K.
S	Ketinggian <i>saddle</i> dapat disesuaikan	
Fungsi		
S	Sepeda stabil di jalan yang lurus	M.Sulthoni K.
S	Sepeda tidak terguling ketika jalan berbelok (kiri atau kanan)	
S	Sepeda stabil dan tidak terguling ketika jalan zig-zag	
S	Sepeda stabil dan tidak terguling ketika jalan menanjak atau menurun	
S	<i>Handle bar</i> mudah dikendalikan ketika dikendarai	
S	Kayuhan sepeda ringan ketika dikendarai	

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

1. Sandaran yang digunakan tidak kuat, mengakibatkan pengguna tidak dapat duduk dengan nyaman ketika mengendarai sepeda dan pengguna tidak dapat bersandar pada sandaran. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



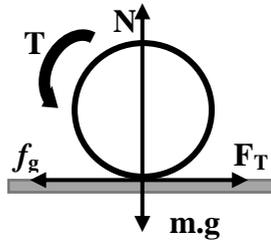
Gambar 4.2 Sandaran dan *saddle* pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)

2. Penguat *frame* yang dibuat berada dibelakang *sprocket*, maka ini mengganggu proses pemasangan mekanisme penggerak roda belakang (roda, poros belakang, rantai, *derailleur* dan *sprocket*). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Frame* belakang pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)

3. Lebar roda yang kurang lebar membuat sepeda kurang stabil dan mengalami *slip* ketika dikendarai. Kondisi tersebut terjadi karena roda kekurangan cengkerman dengan permukaan jalan, sehingga kontrol sepeda berkurang.



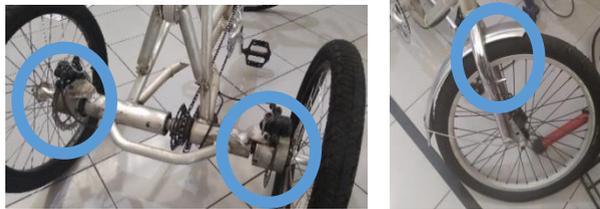
Gambar 4.4 Free Body Diagram Terjadinya Gaya Gesek

Slip terjadi karena $F > f_g$. Gaya gesek dapat dihitung berdasarkan $f_g = \mu_s \cdot N = \mu_s \cdot m.g$, dimana F adalah gaya yang timbul akibat torsi yang memutar roda. N adalah gaya normal. Maka untuk mengurangi terjadinya slip, dimensi roda diperbesar. Salah satu cara untuk memperbesar lebar roda, dengan memperbesar lebar roda. Maka massa roda (m) juga akan bertambah, sehingga nilai f_g juga akan bertambah besar. Dan kemungkinan untuk terjadi slip semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Tampak roda pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)

4. Sistem pengereman menggunakan rem belakang saja, tanpa rem depan pada sepeda. Sehingga membuat sepeda oleng ketika sedang melakukan pengereman. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Sistem pengereman pada sepeda tanpa rem depan hasil rancangan Ray (2018)

5. *Frame* sambungan sandaran kurang kokoh, yaitu hanya terdapat 1 tumpuan yang berhubungan dengan *frame* belakang sepeda dan plat penguat yang digunakan terlalu tipis, sehingga menyebabkan terjadinya *bending* bagian sambungan tersebut. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Terjadi *bending* pada penguat sepeda hasil rancangan Ray (2018)

6. Sistem pengaturan kecepatan yang menggunakan 1 *derailleur* dan ukuran sprocket depan yang terlalu besar. Sehingga sepeda berat dikayuh. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Sprocket depan pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)

7. Jarak *rear derailleur* teralalu rendah dengan permukaan jalan, Sehingga ketika melewati jalan yang tidak rata, *rear derailleur* akan menyentuh permukaan jalan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Sprocket belakang pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)

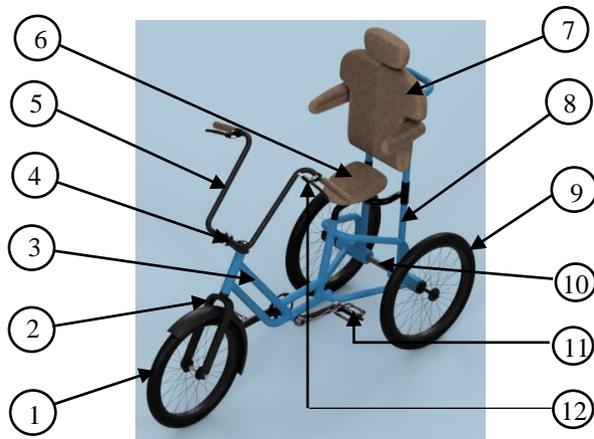
4.3 Rancangan Pengembangan SERAITS

Setelah melakukan kajian terhadap produk eksisting dan menyusun *list of requirement*, maka pada subbab ini dilakukan perbaikan rancangan. Berikut adalah rancangan pengembangan SERAITS hasil pengembangan menggunakan sistem delta seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Rancangan Terbaru SERAITS

Pengembangan SERAITS tahun 2019 ini memiliki panjang total 1511,3 mm, lebar 660 mm dan tinggi total (termasuk kursi) mencapai 1314,4 mm. Komponen utama sepeda dan spesifikasi serta material dari *frame* sepeda dapat dilihat pada gambar 4.11 dan tabel 4.2 dibawah:



Gambar 4. 11 Komponen Utama Rancangan Baru SERAITS

Tabel 4. 2 Komponen Utama SERAITS

No	Nama	Jumlah	Keterangan
1	Roda Depan	1	Stainless Steel
2	Fork	1	Steel
3	<i>Frame</i>	1	Alumunium 6061
4	<i>Bracket Handle Bar</i>	1	Stainless Steel
5	<i>Handle Bar</i>	1	Stainless Steel
6	<i>Saddle</i>	2	Mekanik
7	Sandaran	2	-
8	Penyangga Sandaran	1	-
9	Roda belakang	1	-
10	Poros sepeda	1	AISI 1040
11	Pedal + Crank	2	-
12	Rem tangan depan dan belakang	2	-

4.4 Bagian-Bagian Komponen Utama SERAITS

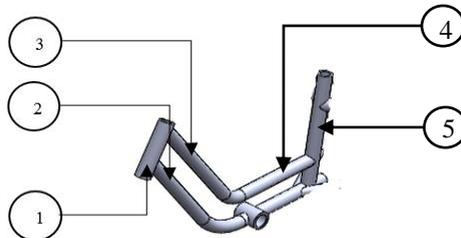
Bagian sepeda terdiri dari beberapa bagian seperti *frame* sepeda, handle, dan mekanisme penggerak (poros belakang, pedal,

crank, dll). Berikut dijelaskan secara detail bagian utama hasil pengembangan SERAITS:

4.4.1 *Frame Sepeda*

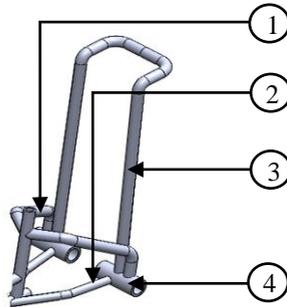
Frame sepeda berfungsi sebagai bagian utama dari sepeda dan tumpuan beban utama. Oleh karena itu ketika merancang *frame*, perlu diperhatikan posisi kenyamanan dari pengendara. Pada pengembangan SERAITS ini *frame* dirancang menggunakan material AISI aluminium 6061, pada *frame* sepeda ini dibagi menjadi 2 bagian, yaitu: *frame* depan dan *frame* belakang. Masing-masing bagian tersebut akan dijelaskan dibawah ini.

- A. *Frame* depan mengikuti hasil rancangan Ray (2018) dengan menggunakan pipa diameter luar 32 mm dan diameter dalam 26 mm. *Frame* depan merupakan *frame* yang menopang komponen *handle bar*, *saddle* dan *crank*. Pada *frame* depan akan dibuat dari 5 pipa, yaitu : SRD-1, SRD-2, SRD-3, SRD-4 dan SRD 5. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.12 dibawah:



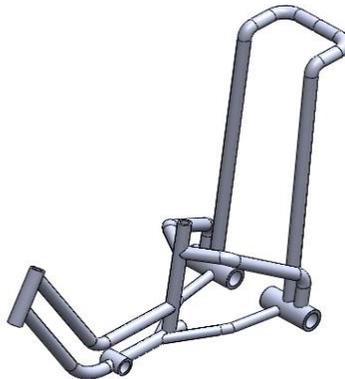
Gambar 4.12 Rancangan *Frame* Depan

- B. *Frame* belakang dirancang menggunakan 2 ukuran pipa yang berbeda, yaitu : 1) pipa diameter luar 32 mm dan diameter dalam 26 mm; 2) pipa diameter luar 63 mm dan diameter dalam 52 mm. *Frame* belakang merupakan *frame* yang menopang komponen poros, roda, dan *sprocket*. Pada *frame* belakang akan dibuat dari 4 pipa, yaitu : SRB-1, SRB-2, SRB-3 dan SRB-4. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah:

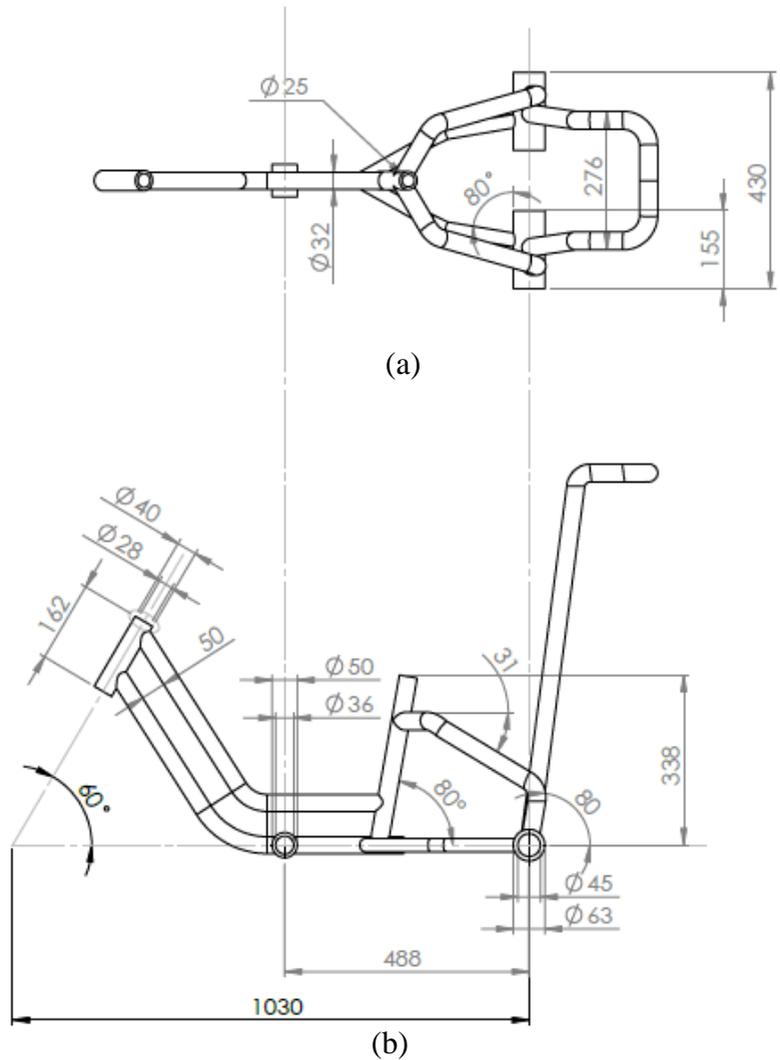


Gambar 4. 13 Rancangan *Frame* Belakang

Setelah itu *frame* depan dan *frame* belakang akan digabungkan dengan proses las. Selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.14. Rancangan ini di tujukan untuk dapat menopang berat pengayuh 100 kg dan termasuk berat *frame* itu sendiri. Bentuk geometri dan dimensi dari *frame* sepeda dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4. 14 Rancangan *Frame* SERAITS



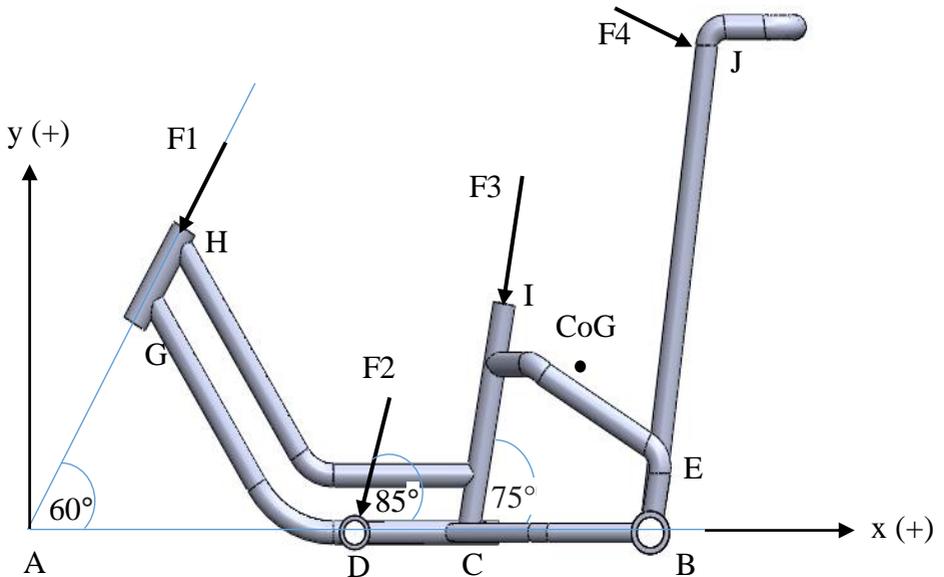
Gambar 4. 15 Dimensi Rancangan *Frame* SERAITS, (a) Dimensi Tampak Atas, (b) Dimensi Tampak Samping

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 4.3 dibawah ini.

Tabel 4.3 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 *frame* 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. Dengan menggunakan software *solidworks* 2016 didapatkan *Center of Gravity* (CoG) dari *frame* berada pada titik $x = 370,86$ dan $y = 245,60$ dengan titik A sebagai titik 0. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Free Body Diagram *Frame SERRAITS*

Dari gambar 4.16 didapat persamaan gaya sebagai berikut:

Pada F1 terdapat gaya *total arm* ($0,0505W + 0,01$) dengan sudut 60° , F2 terdapat gaya *total leg* ($0,1582W + 0,05$) dengan sudut 85° , F3 terdapat gaya *head, neck and torso* ($0,5940W - 2,20$) ditambah dengan *upper arm* ($0,0274W - 0,01$) dengan sudut 75° , F4 terdapat gaya *head and neck* ($0,0534W + 2,33$) dengan sudut 25° . Didapatkan hasil seperti berikut ini :

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

$$F1 = (0,0505W + 0,01) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 49,6 \text{ N}$$

$$F2 = (0,1582W + 0,05) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 173,7 \text{ N}$$

$$F3 = [(0,5940W - 2,20) + (0,0274W - 0,01)] \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 587,9 \text{ N}$$

$$F4 = (0,0534W + 2,33) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 91,4 \text{ N}$$

Reaksi gaya F_1 di titik H :

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos(60^\circ) = 42,9 \text{ N (arah ke sumbu x negatif)}$$

$$F_{1y} = F_1 \cdot \sin(60^\circ) = 24,8 \text{ N (arah ke sumbu y negatif)}$$

Reaksi gaya F_2 di titik D :

$$F_{2x} = F_2 \cdot \cos(85^\circ) = 13,6 \text{ N (arah ke sumbu x negatif)}$$

$$F_{2y} = F_2 \cdot \sin(85^\circ) = 155,1 \text{ N (arah ke sumbu y negatif)}$$

Reaksi gaya F_3 di titik F :

$$F_{3x} = F_3 \cdot \cos(75^\circ) = 152,2 \text{ N (arah ke sumbu x negatif)}$$

$$F_{3y} = F_3 \cdot \sin(75^\circ) = 567,9 \text{ N (arah ke sumbu y negatif)}$$

Reaksi gaya F_4 di titik J :

$$F_{4x} = F_4 \cdot \cos(25^\circ) = 82,8 \text{ N (arah ke sumbu x negatif)}$$

$$F_{4y} = F_4 \cdot \sin(25^\circ) = 38,6 \text{ N (arah ke sumbu x positif)}$$

Reaksi di tumpuan dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \quad (\uparrow +) \\ F_{Ay} + F_{By} - F_{1y} - F_{2y} - F_{3y} - F_{4y} &= 0 \\ F_{Ay} + F_{By} - (24,8) - (155,1) - (567,9) - (213,76) &= 0 \\ F_{Ay} + F_{By} &= 961,56 \text{ N} \dots \dots \dots (4.1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F_x &= 0 \quad (\rightarrow +) \\ F_{Bx} - F_{1x} - F_{2x} - F_{3x} + F_{4x} &= 0 \\ F_{Bx} - 42,9 - 13,6 - 152,2 + 82,8 &= 0 \\ F_{Bx} &= 125,9 \text{ N} \dots \dots \dots (4.2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_{CoG} &= 0 \quad (\curvearrowright +) \\ -F_{1x}(0,2) - F_{1y}(0,65) + F_{2x}(0,25) - F_{2y}(0,37) - F_{3x}(0,09) - F_{3y} \\ &(0,12) + F_{4x}(0,47) + F_{4y}(0,2) + F_{Ay}(0,91) + F_{Bx}(0,25) - F_{By} \\ &(0,12) &= 0 \\ 0,91 F_{Ay} - 0,12 F_{By} &= 8,6 + 16,9 - 3,4 + 57,4 + 13,7 + 68,2 - \\ &215,5 - 42,8 - 62,4 \\ 0,91 F_{Ay} - 0,12 F_{By} &= -159,3 \text{ N} \dots \dots \dots (4.3) \end{aligned}$$

Eliminasi persamaan 4.1 dengan persamaan 4.3

$$\begin{aligned} F_{Ay} + F_{By} &= 961,56 \text{ N} \\ 0,91 F_{Ay} - 0,12 F_{By} &= -159,3 \text{ N} \\ F_{Ay} &= -42,64 \text{ N} \dots \dots \dots (4.4) \end{aligned}$$

$$F_{By} = 1004,2 \text{ N} \dots \dots \dots (4.5)$$

Dihitung secara manual pada setiap reaksi :

Reaksi di titik B

$$\sum F_Y = 0$$

$$F_{By} - F_{BE} \sin(85) = 0$$

$$F_{BE} = F_{By} / \sin(85) \\ = (1004,2 / 0,996) \text{ N}$$

$$F_{BE} = 1008,2 \text{ N (C)}$$

$$\sum F_X = 0$$

$$F_{Bx} - F_{BC} - F_{BE} \cos(85) = 0$$

$$F_{BC} = F_{Bx} - 1008,2 \cos(85) \\ = 249,7 - 87,8$$

$$F_{BC} = 161,9 \text{ N (T)}$$

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
AG	713,9 N	Compression
BC	161,9 N	Tension
BE	1008,2 N	Compression
CD	561,8 N	Tension
CF	3752,3 N	Compression
DG	749,1 N	Tension
EF	1422,3 N	Tension
FI	1278,2 N	Compression
GH	104.2 N	Compression

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 & 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	

Dari tabel 4.4 dan 4.5, dapat dilihat bahwa batang yang mendapatkan gaya paling besar adalah batang CF dengan gaya sebesar 3752,3 N. Gaya terbesar yang didapat dari perhitungan manual ini kemudian dibagi dengan luasan pipa CF pada *frame* agar dapat diketahui apakah pipa tersebut aman digunakan untuk *frame* sepeda.

Outer Diameter (Do) = 32 mm

Inner Diameter (Di) = 26 mm

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang Terkecil} &= \pi \left(\frac{Do}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{Di}{2}\right)^2 \\ &= \pi \left(\frac{32}{2}\right)^2 - \pi \left(\frac{26}{2}\right)^2 = 273,32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan Maksimum (S}_{\max}) &= \frac{\text{Gaya Terbesar}}{\text{Luas Penampang Terkecil}} \\ &= \frac{3752,3 \text{ N}}{273,32 \text{ mm}^2} = 13,73 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Tegangan Maksimum (S_{max}) = 13,73 MPa

Tegangan Ijin Material (S_{syp}) : $\frac{0.555 Syp}{N}$

dimana, Syp : yield strength material = 35000 psi = 241,32 MPa
 N : Safety Factor = 3 (benda dinamis dan beban kejut)

Tegangan Ijin Material (S_{syp}) = $\frac{0.555 (241,32)}{3} = 44,64$ MPa

Karena $S_{max} < S_{syp}$, maka perancangan pipa AISI Alumunium 6061 dengan $Do=32$ mm dan $Di=26$ mm aman sebagai *frame* SERAITS.

4.4.2 Mekanisme Penggerak Roda Belakang

SERAITS menggunakan sepeda roda tiga bertipe delta, yaitu 1 ban di depan dan 2 ban di belakang. Mekanisme penggerak utama yang digunakan merupakan *sprocket* dan *chain*. Dimana hal ini didukung oleh bentuk *frame* dari sepeda, *bearing*, *derailleur*, poros, *velg*, dan roda. Pada rancangan ini *frame* sepeda sudah lebih solid, dalam artian mengurangi jumlah *joint* yang ada di *frame* dengan menggunakan las. Lalu menggunakan jenis dan jumlah *bearing* yang digunakan masih sama yaitu *cartridge bearing* berjumlah 4 buah untuk menompang poros belakang dengan ukuran $Do = 52$ mm dan $Di = 22$ mm. Setelah itu rancangan ini menggunakan FD (*Front Derailleur*) dan RD (*Rear Derailleur*). Setelah itu adalah bagian poros belakang menggunakan bahan AISI 1040. Dan menggunakan *velg* 16" serta roda diameter 20" dengan lebar 2,3".

Sprocket yang digunakan adalah 3 variasi kecepatan untuk sprocket depan dan 6 variasi kecepatan untuk sprocket belakang. Dengan hal tersebut pilihan untuk mengatur kecepatan akan lebih bervariasi, yaitu terdapat 18 variasi kecepatan. Mekanisme penggerak ini didukung dengan rem belakang menggunakan jenis rem tromol (*Drum Brake*). Rem tromol memiliki kelebihan yaitu tidak mudah terkena kotoran dan debu serta harga yang terjangkau, namun kekurangannya yaitu tidak terlalu cepat untuk mengerem dari pada menggunakan cakram. Mekanisme penggerak roda belakang pada SERAITS menggunakan produk massal, kecuali poros belakang. Poros belakang diproduksi sendiri oleh pihak manufaktur sepeda.

4.4.3 Crank

Crank berfungsi untuk menyalurkan energi dari pengendara menuju *sprocket* belakang. Pada bagian crank menggunakan sistem rantai dan *sprocket*. *sprocket* pada *crank* yang digunakan 3 variasi

kecepatan pada *sprocket* depan dan 6 variasi kecepatan pada *sprocket* belakang. Karena terdapat 18 perbedaan percepatan. *Crank* yang digunakan pada SERAITS ini menggunakan *crank* yang dibeli di pasaran dan sudah memiliki kriteria kecepatan sendiri.

4.4.4 Handle Bar

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 dibeli 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 2.1.

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

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

$$= 32,94^\circ$$

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

4.4.5 Sistem Pengereman

Sistem pengereman merupakan alur proses pengereman dari brake lever sampai ke roda. Sistem pengereman pada rancangan sepeda Agus (2017) dan Ray (2018) menggunakan 2 rem cakram yang terletak di roda belakang. Menurut saya hal tersebut kurang efektif, karena tidak ada rem yang digunakan untuk menghentikan roda depan. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Posisi rem pada sepeda hasil rancangan Ray (2018)

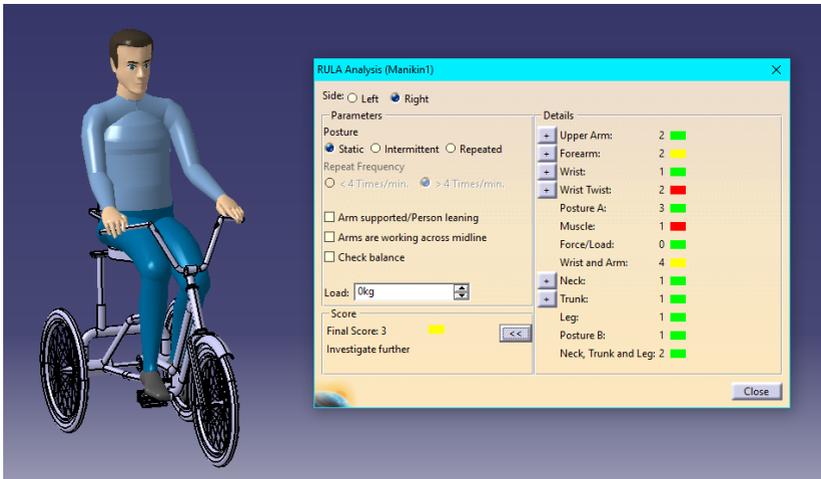
Oleh karena itu pada pengembangan SERAITS ini sayang menggunakan *drum brake* pada roda belakang dan *rim brake* pada roda depan. *Pad* (karet) *rim brake* yang digunakan bertipe *Threaded stud*, *Threaded stud* memakai washer cekung dan cembung untuk fleksibilitas kemiringan *pad*. Rem yang digunakan pada SERAITS ini menggunakan rem yang dibeli di pasaran dan sudah memiliki dimensi sendiri. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.18.



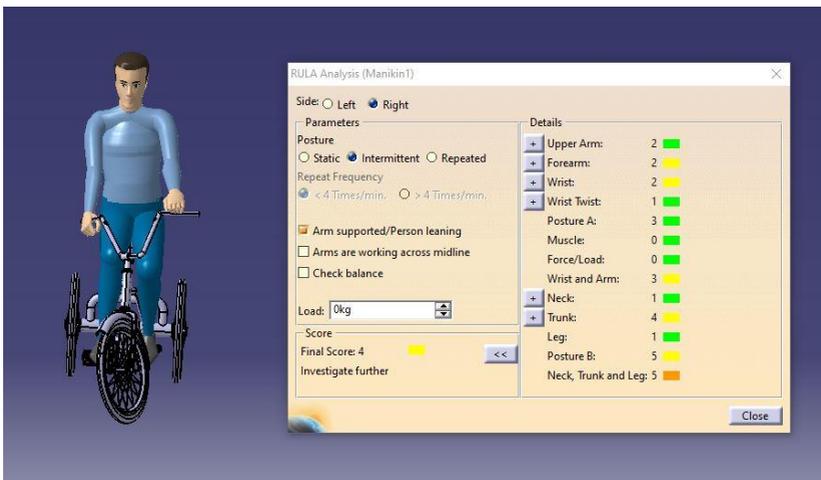
Gambar 4.18 Pengembangan Sistem Pengereman SERAITS: (a) Rem depan; (b) Rem Belakang

4.5 Analisa RULA Desain SERAITS

Dengan menggunakan software CATIA V5 dilakukan simulasi menggunakan manekin untuk mengetahui nilai RULA dari posisi pasien saat proses terapi berlangsung. Manekin yang digunakan memiliki jenis kelamin laki-laki dan tinggi badan 165 cm. SERAITS ini di simulasikan dengan 2 keadaan yaitu ketika jalan lurus dan jalan berbelok. Dari hasil simulasi didapat hasil sebagai berikut. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan 4.20.



Gambar 4.19 Hasil Analisa RULA pada CATIA V5 ketika jalan lurus



Gambar 4.20 Hasil Analisa RULA pada CATIA V5 ketika jalan berbelok

BAB V

PEMBUATAN *FRAME* DAN PERAKITAN, SERTA PENGUJIAN SERAITS

5.1 Pembuatan Komponen Utama SERAITS

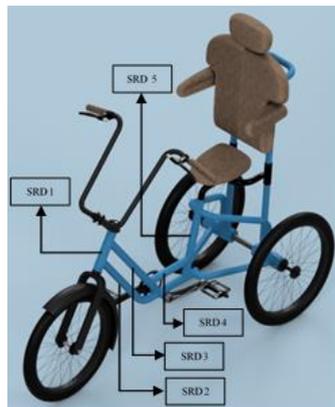
Pembuatan dan perakitan komponen SERAITS dilakukan di industri mitra, yaitu CV SmartTech Surabaya. Pada pembuatan meliputi pembuatan *frame*, poros dan mekanisme penggerak roda belakang. Dibawah ini merupakan penjelasan pembuatan *frame* dan perakitan SERAITS.

5.1.1 Rancangan Pembuatan *Frame* SERAITS

Pada pembuatan sepeda dimulai dari *frame* depan dan dilanjutkan ke *frame* belakang. Material yang digunakan pada *frame* SERAITS adalah AISI Aluminium 6061.

A. *Frame* Depan

Frame depan dirancang dengan menggunakan pipa dengan diameter luar 32 mm dan diameter dalam 26 mm. Seperti gambar 4.11, bagian ini dibagi menjadi 5 bagian, yaitu: SRD-1, SRD-2, SRD-3, SRD-4 dan SRD-5. Bagian yang melengkung (SRD-2) dibuat dengan proses *roll bending*, pada bagian lubang dibuat dengan proses *drilling* dan ada bagian tertentu yang dibuat dari proses *cutting* dan *grinding*. Nama dan proses pemesinan dari masing-masing komponen *frame* depan akan dijelaskan pada Gambar 5.1 dan Tabel 5.1 dibawah ini.



Gambar 5. 3 Sub Komponen *Frame* Depan

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

Komponen	No. Sub Komponen	Jumlah	Dimensi	Proses	Mesin
<i>Frame</i> Depan	SRD-1	1	D = 40 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 5 mm	Grinding	Gerinda
	SRD-2	1	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 3 mm	Roll Bending	Mesin Bending
				Grinding	Gerinda
	SRD-3	1	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 3 mm	Grinding	Gerinda
	SRD-4	1	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 3 mm	Grinding	Gerinda
	SRD-5	1	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 3 mm	Grinding	Gerinda

B. *Frame* Belakang

Frame Belakang dirancang dengan menggunakan pipa dengan diameter luar 32 mm dan diameter dalam 26 mm. Seperti gambar 4.12, bagian ini dibagi menjadi 4 bagian, yaitu: SRB-1, SRB-2, SRB-3 dan SRD-4. Bagian pipa SRB-1, SRB-2, SRB-3 dibuat dengan proses *roll bending*. Pipa SRD-4 dilakukan proses *turning* pada diameter luar pipa, dari diameter 65 mm menjadi diameter 63 mm. Lalu pembuatan *house bearing* dilakukan proses *drilling* untuk membuat lubang diameter 52 mm pada pipa SRD-4. Nama dan proses permesinan dari masing-masing

komponen *frame* belakang akan dijelaskan pada Gambar 5.2 dan Tabel 5.2 dibawah ini.



Gambar 5. 4 Sub Komponen *Frame* Belakang

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

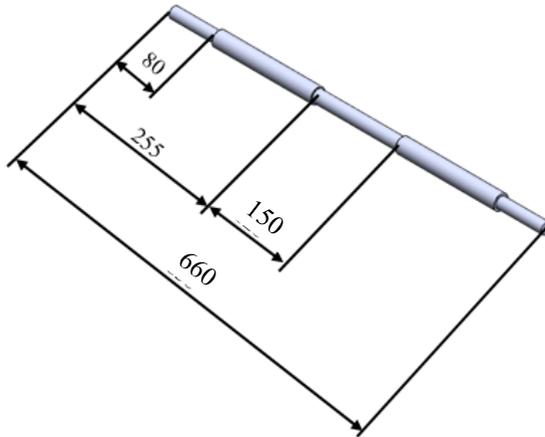
Komponen	No. Sub Komponen	Jumlah	Dimensi	Proses	Mesin
<i>Frame</i> Belakang	SRB-1	2	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 3 mm	Roll Bending	Mesin Bending
				Grinding	Gerinda
	SRB-2	2	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 3 mm	Roll Bending	Mesin Bending
				Grinding	Gerinda
SRB-3	2	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw	
		T = 3 mm	Roll Bending	Mesin Bending	

				Grinding	Gerinda
	SRB-4	2	D = 32 mm	Cutting	Circular Saw
			T = 3 mm	Cutting	Turning
				Grinding	Gerinda

5.1.2 Rancangan Pembuatan Mekanisme Penggerak Roda Belakang SERAITS

Setelah rancangan pembuatan *frame* selesai, maka proses selanjutnya yaitu perancangan pembuatan mekanisme penggerak roda belakang. Pada mekanisme penggerak roda belakang terdapat roda, *velg*, *bearing*, rantai, *sprocket* dan poros. Untuk komponen roda, *velg*, *bearing*, rantai dan *sprocket* dapat dibeli di pasaran. Sedangkan untuk komponen poros dilakukan perancangan dan manufaktur sendiri di CV.SmartTech Surabaya. Berikut ini adalah proses perancangan dan pembuatan poros.

Pembuatan poros menggunakan *raw material* Steel AISI 1040 dengan diameter 30 mm dan panjang 670 mm. Proses pembuatan menggunakan proses *turning* dengan mesin bubut. *Raw material* dilakukan proses *turning* dari diameter 30 mm menjadi 25 mm dan dari panjang 670 mm menjadi 660 mm. Setelah itu jarak 80 mm dari ujung poros dilakukan proses *turning* dari diameter 25 mm menjadi 20 mm. Dan pada jarak 120 mm dari titik tengah poros dilakukan proses *turning* dari diameter 20 mm menjadi 18 mm. Untuk proses terakhir, dilakukan proses pembuatan ulir dengan proses *turning* di ujung kedua sisi poros sepanjang 50 mm. Proses pembuatan poros akan diterangkan pada gambar 5.3 dan tabel 5.3 dibawah ini.



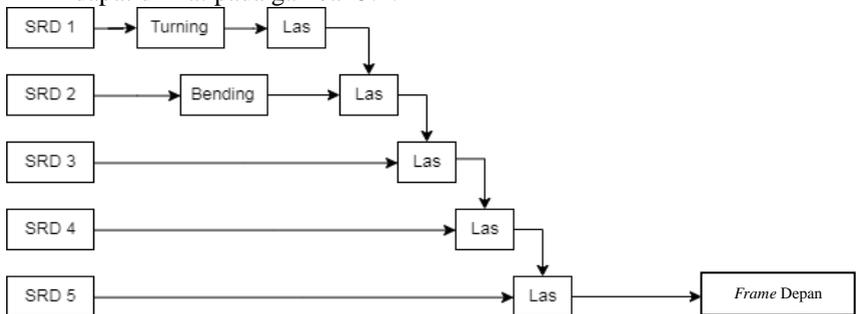
Gambar 5. 3 Dimensi Komponen Poros

Tabel 5. 3 Nama dan Proses Pemesinan Komponen Poros

Komponen	Proses	Dimensi Awal	Proses	Dimensi Akhir
Poros	1	D = 30 mm	Turning	D = 25 mm
		L = 670 mm		L = 660 mm
	2	D = 25 mm	Turning	D = 20 mm
		L = 630 mm		L = 150 mm
	3	D = 25 mm	Turning	D = 18 mm
		L = 630 mm		L = 80 mm
	4	-	Threading	-

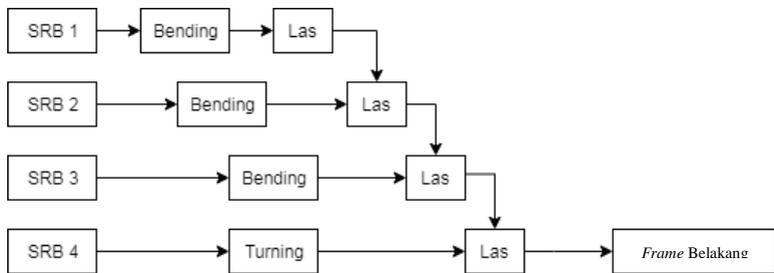
5.2 Rancangan Perakitan SERAITS

Setelah proses pembuatan maka dilanjutkan analisa untuk proses perakitan. Perakitan meliputi semua komponen yang berada pada sepeda dari *frame* sampai roda sesuai, yaitu : *frame*, *handle bar*. Proses perakitan dimulai dari penyambungan *frame* depan dan *frame* belakang. *Frame* depan menggunakan 5 pipa (SRD-1, SRD-2, SRD-3, SRD-4 dan SRD-5). Untuk SRD-1 dilakukan proses *turning* terlebih dahulu sebelum dilakukan pengelasan dan SRD-2 dilakukan proses *bending* terlebih dahulu. Setelah itu SRD-1 hingga SRD-5 dilakukan proses pengelasan hingga menjadi *frame* depan. Proses pengelasan dilakukan menggunakan las TIG (Tungsten Inert Gas). Hal ini dijabarkan secara singkat menggunakan diagram perakitan, diagram ini dapat dilihat pada gambar 5.4.



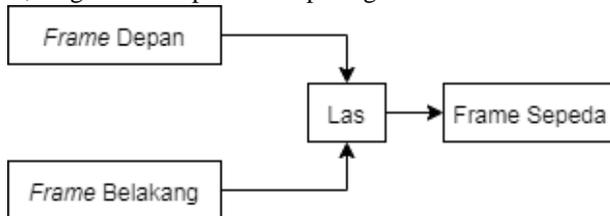
Gambar 5. 4 Diagram Perakitan *Frame* Depan

Frame belakang menggunakan 4 pipa (SRB-1, SRB-2, SRB-3 dan SRB-4). Untuk SRB-1,SRB-2 dan SRB-3 dilakukan proses *bending* terlebih dahulu sebelum dilakukan pengelasan dan SRB-4 dilakukan proses *turning* terlebih dahulu. Setelah itu SRB-1 hingga SRB-4 dilakukan proses pengelasan hingga menjadi *frame* belakang. Proses pengelasan dilakukan menggunakan las TIG (Tungsten Inert Gas). Hal ini dijabarkan secara singkat menggunakan diagram perakitan, diagram ini dapat dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Diagram Perakitan *Frame* Belakang

Setelah selesai pembuatan *frame* depan dan *frame* belakang, proses penyambungan *frame* dilakukan menggunakan las TIG (Tungsten Inert Gas). Dan menjadi *frame* yang digunakan pada SERAITS. Hal ini dijabarkan secara singkat menggunakan Diagram perakitan, diagram ini dapat dilihat pada gambar 5.6.



Gambar 5. 6 Diagram Perakitan *Frame* SERAITS

Perakitan sepeda dimulai dari *frame* sepeda dengan komponen *fork* disambungkan ke *frame* pada bagian SRD-1. Jika *frame* sepeda sudah siap untuk di *assembly*, maka proses selanjutnya poros belakang dipasang dibagian *frame* bagian belakang bersamaan dengan pemasangan roda, *sprocket* belakang dan rem tromol pada poros belakang. Hasil dari proses perakitan *frame* sepeda dapat dilihat pada gambar 5.7.



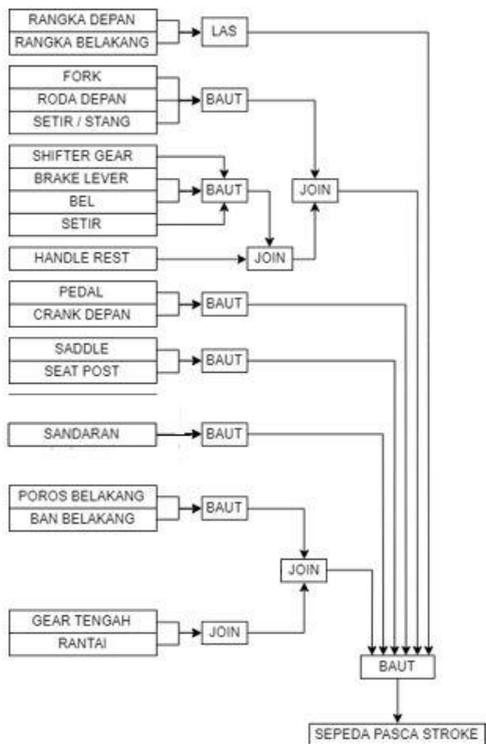
Gambar 5. 7 Hasil dari Perakitan *Frame SERAITS*

Setelah itu dilakukan pemasangan *sprocket* depan, *crank*, pedal, rantai, *tensioner*, *derailleur*, *saddle* dan sandaran sebagai komponen utama mekanisme penggerak roda belakang. Mekanisme penggerak roda belakang ini didukung oleh beberapa komponen, yaitu : *house bearing*, *bearing*, *sprocket* (depan dan belakang), dan rem belakang. Komponen pendukung sudah terpasang ketika proses perakitan sepeda ketika memasang poros belakang sepeda. Spesifikasi *house bearing* menggunakan bahan pipa aluminium 6061 dengan diameter luar adalah 63 mm dan diameter dalam adalah 52 mm. *Bearing* yang digunakan adalah *cartridge bearing* (merk Fushi) dengan ukuran diameter luar adalah 52 mm dan diameter dalam adalah 22 mm. Lalu *sprocket* yang digunakan adalah merk Shimano dengan 3 variasi kecepatan untuk *sprocket* depan dan 6 variasi kecepatan untuk *sprocket* belakang. Pada perancangan ini menggunakan rantai merk Shimano dimana rantai ini dibeli 1 pasang dengan *sprocket*. Setelah itu *derailleur* dan *tensioner* yang digunakan merk Eterna. Perakitan ini dapat dilihat pada gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Susunan Mekanisme Penggerak Roda belakang

Tahap terakhir perakitan yaitu pemasangan *handle bar* di pasang ke sambungan *fork*, *brake lever*, karet setir, kabel rem dan kabel *derailleur*, agar dapat dioperasikan sesuai fungsinya. Secara keseluruhan proses perakitan SERAITS dapat dilihat pada gambar 5.9. Dan hasil akhir dari perakitan SERAITS dapat dilihat pada gambar 5.10.



Gambar 5. 9 Diagram Perakitan SERAITS



Gambar 5. 10 SERAITS dengan Rancangan Terbaru

5.3 Pengujian SERAITS

Setelah proses pembuatan frame dan poros dilanjutkan dengan perakitan sepeda, setelah itu sepeda di uji. Berdasarkan Badan Standart Nasional Indonesia (SNI) 7519: 2009, pengujian SERAITS dilakukan 2 kali pengujian, yaitu pengujian Kekuatan sepeda dan Pengujian fungsi sepeda. Pengujian Kekuatan dilakukan agar pengendara sepeda dapat mengendarai dengan aman. Dilakukan proses pengujian kekuatan sepeda dengan gaya statik dalam posisi tidak bergerak dan bergerak, kestabilan sepeda. Pengujian kekuatan sepeda dengan gaya statik dalam posisi tidak bergerak dan bergerak, sepeda diberi beban 50 kg pada *saddle*. Setelah itu untuk posisi bergerak sepeda dikayuh dengan kecepatan $2 \text{ m/detik} \pm 0,2 \text{ m/detik}$ pada lintasan lurus. Pada pengujian ini terdapat lintasan dengan adanya penanda pada jarak 2 meter dan sepeda harus dapat melewati lintasan tersebut dalam waktu 1 detik. Didapatkan hasil bahwa sepeda tidak terjadi kerusakan patah/retak dan komponen-komponen sepeda masih komplit serta tidak terguling, maka sepeda dinyatakan lulus. Pengujian statik dapat dilihat pada gambar 5.11.



Gambar 5. 11 Pengujian SERAITS dengan Gaya Statik dalam Posisi: a) Diam, b) Bergerak

Pengujian selanjutnya adalah pengujian kestabilan sepeda, dilakukan dengan memberikan beban 50 kg pada *saddle* di permukaan jalan yang memiliki kemiringan sudut 10° . Terdapat 3 posisi sepeda yang akan di uji, yaitu : a) menghadap ke atas, b) menghadap ke bawah, c) menghadap ke samping. Didapatkan hasil bahwa sepeda pada papan bersudut 10° , tidak terjadi kerusakan patah/retak dan komponen-komponen sepeda masih komplit serta tidak terguling, maka sepeda dinyatakan lulus. Pengujian statik dapat dilihat pada gambar 5.121.



Gambar 5. 12 Pengujian Kestabilan SERAITS : a) menghadap ke atas, b) menghadap ke bawah, c) menghadap ke samping

Setelah itu dilakukan pengujian fungsi sepeda. Uji fungsi ini bertujuan untuk menganalisa dan menyesuaikan antara sepeda yang dirancang dengan uraian kebutuhan. Hasil dari uji fungsi dapat dilihat

pada tabel 5.4. Sedangkan untuk detail uji fungsi yang meliputi uji kemudi akan dijelaskan pada sub-bab berikutnya.

Tabel 5. 4 Hasil Uji Fungsi Sepeda Pasca Stroke

No	Uraian Kebutuhan	Hasil	
		Ya	Tidak
Keamanan			
1	Kuat terhadap guncangan ketika sepeda dinaiki oleh pengguna	V	
2	Penyangga sandaran tidak mengalami defleksi	V	
Ergonomis			
3	Posisi <i>handlebar</i> ketika berbelok tidak menabrak kaki	V	
4	Ketinggian <i>saddle</i> dapat disesuaikan	V	
Fungsi			
5	Sepeda stabil di jalan yang lurus	V	
6	Sepeda tidak terguling ketika jalan berbelok (kiri atau kanan)	V	
7	Sepeda stabil dan tidak terguling ketika jalan zig-zag	V	
8	Sepeda stabil dan tidak terguling ketika jalan menanjak atau menurun	V	
9	<i>Handle bar</i> mudah dikendalikan ketika dikendarai	V	
10	Kayuhan sepeda ringan dan tidak terjadi slip pada roda ketika dikendarai	V	
11	Rem depan dan belakang sepeda berfungsi dengan baik	V	
12	Tensioner tidak menyentuh permukaan ketika dikendarai	V	
Manufaktur			
13	Sepeda dapat di manufaktur	V	
14	Sepeda dapat di pasang dan di lepas (direparasi)	V	

Uji fungsi kemudi merupakan pengujian SERAITS ketika dikendarai di jalan. Pengujian dilakukan dengan jalan lurus, jalan menanjak, jalan menurun, jalan angka 8, berbelok radius kurang dari 5 meter, zig-zag dengan jarak antar cone 2 meter dan pengereman di tempat yang tidak bergelombang (landai). Pada saat jalan lurus sepeda pasca stroke dapat dikayuh dengan ringan dan nyaman seperti pada gambar 5.13.



Gambar 5. 13 Pengujian Jalan Lurus

Pada saat belok SERAITS ringan, kaki tidak menyentuh *handle* dan tidak terguling seperti pada gambar 5.14.



Gambar 5. 14 Pengujian Jalan Belok

Pada saat pengujian zig-zag SERAITS tetap stabil, tidak slip dan tidak terguling seperti pada gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Pengujian Jalan Zig-zag

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Rancangan SERAITS memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Deskripsi	Unit
Berat	21 kg
Panjang Total	1520 mm
Lebar Total	594 mm
Tinggi Total	1270 mm
Track Width	630 mm
Wheel Base	1010 mm

2. Nilai RULA pada mode jalan lurus untuk pengendara laki-laki yaitu 3. Sedangkan Nilai RULA pada mode belok untuk pengendara yaitu 4. Artinya desain sepeda pasca stroke masih nyaman.
3. Komponen SERAITS lebih mudah dirakit daripada rancangan sebelumnya.

Komponen	Rancangan 2018	Rancangan 2019
Penguat Sandaran	Terpisah dengan <i>frame</i>	Tergabung dengan <i>frame</i>
Sistem Pengereman Roda Belakang	Menggunakan rem cakram dikedua sisi roda dengan komponen tambahan <i>hub dan calliper</i> .	Menggunakan satu rem tromol tanpa komponen tambahan
<i>Hub</i>	Ada	Tidak ada
Sprocket dan Rantai	Ada	Ada
Roda dan Poros	Ada	Ada
<i>Calliper</i>	Ada	Tidak ada

4. Mekanisme penggerak roda belakang pada pengembangan ini didukung dengan rantai dan *sprocket*. Menggunakan *sprocket* merk Shimano dengan 3 variasi kecepatan untuk *sprocket* depan dan 6 variasi kecepatan untuk *sprocket* belakang. Pada bagian belakang ditumpu menggunakan pipa aluminium 6061 (*house bearing*) dengan diameter luar 63 mm dan diameter dalam 52 mm. Pada *house bearing* dilengkapi dengan *bearing* bertipe *cartridge bearing* dengan ukuran diameter luar 52 mm dan diameter dalam 22 mm. Poros yang digunakan untuk menyalurkan putaran dari *sprocket* menuju roda, menggunakan bahan AISI 1040. Sepeda ini tidak menggunakan hub pada poros roda belakang. Dan ukuran *velg* ukuran 16" didukung roda ukuran 20"x2,3" yang membuat sepeda ini lebih nyaman ketika dikendarai.
5. Uji kekuatan dan fungsi pada sepeda ini dilakukan berdasarkan SNI 7159 : 2009 dimana pengujian dengan beban $50 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$ pada permukaan yang landai dan kemiringan sudut 10° , pengujian jalan lurus, berbelok, zig-zag, angka 8 dan pengereman. Sepeda tidak terjadi kerusakan patah/retak dan komponen-komponen sepeda masih komplit serta tidak terguling, maka SERAITS aman ketika digunakan dan berfungsi sesuai fungsinya.

6.2 Saran

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

- Desain *frame* belakang bagian SRB-2 dibuat lurus, karena jika melengkung akan menyentuh kaki pengguna ketika sepeda dikendarai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Batan, I Made Londen. .2012. **Desain Produk**, Edisi Pertama. Guna Widya, Surabaya.
- [2] 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.
- [3] Elbert, Kroemer. 1990. **Geneometri Ergonomics “How to Design for Ease & Engineering”**. Prentice-Hall, Inc. Printed in United States of America.
- [4] Nurul Faizi, Syifa’. 2015. **Rancang Bangun Sepeda Pasca Stroke Lipat**. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [5] Oktavian, Sandy. 2016. **Pengembangan Rancang Bangun Sepeda Pasca Stroke**. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [6] Raditya, Ray. 2018. **Rancang Bangun Sepeda Roda Tiga Untuk Pasien Pasca Stroke**. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Departemen Teknik Mesin FTI-ITS.
- [7] Riva’I, Muhammad. 2013. **Pengujian Sepeda Pasca Stroke**. Surabaya: Thesis Magister Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [8] Rodika. 2013. **Rancang Bangun Sepeda untuk Pasien Pasca Stroke**. Surabaya: Thesis Magister Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [9] Salim, Lutfi Agus. 2017. **Rancang Bangun Sepeda Pasca Stroke Konsep Delta**. Surabaya: Tugas Akhir Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
- [10] Sutantra, I Nyoman. 2000. **Teknologi Otomotif, Teori dan Aplikasinya**, Guna Widya: Surabaya.
- [11] Smith, F. Wiliam. 1994. **Materials Science and Engineering an Introduction**. John Wiley & Sons, Inc. Printed in United States of America.
- [12] Ulrich, Karl T., Eppinger, Steven D. 2003. **Product Design and Development**. Mc Graw-Hill, Inc. Printed in Singapore.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

LAMPIRAN

Tabel 1 Komponen-komponen SERAITS

No	Nama Komponen	Jumlah	Keterangan
1	Roda depan	1	Beli
2	Roda belakang	2	Beli
3	<i>Fork</i>	1	Beli
5	<i>Handle bar</i>	1	Beli
6	<i>Brake lever</i>	2	Beli
7	<i>Derailleur</i>	2	Beli
8	Karet Setir	2	Beli
9	Pedal	2	Beli
10	Poros	1	Desain dan buat sendiri
11	Rantai	2	Beli
12	<i>Saddle</i>	1	Beli
13	Sandaran belakang	1	Desain dan buat sendiri
14	<i>Sprocket</i>	2	Beli
15	Bearing	4	Beli
16	<i>Crank</i>	2	Beli
17	<i>Tensioner</i>	1	Beli
18	<i>Frame</i>	1	Design dan buat sendiri

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BIODATA PENULIS



Muhammad Sulthoni Kurniawan adalah anak ketiga dari tiga bersaudara, lahir di Rembang, 14 Agustus 1996. Putra dari pasangan Bapak Gendut Murjito dan Yuni Rubiatun. Penulis besar dan lahir di kota Malang. Berlatar belakang pendidikan di SD Negeri 3 Cepu (2002-2008), SMP Negeri 3 Cepu (2008-2011), SMA Negeri 1 Cepu (2011-2014), dan menempuh pendidikan sarjana Teknik Mesin di Institut

Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) melalui tes SBMPTN tahun 2015.

Penulis semasa kuliah aktif bergabung dalam tim bola basket baik di lingkup departemen mesin, fakultas teknologi industri, maupun ITS. Penulis juga aktif berorganisasi di Forum Komunikasi Mahasiswa Cepu (FKMC) mulai sebagai Staff (2014) kemudian menjabat sebagai ketua FKMC (2015). Lalu lanjut menjabat sebagai ketua Surabaya Cepu College Student (SUCCESS) pada tahun 2016. Penulis juga aktif dalam ITS EXPO 2016 sebagai staff kestarikan dan ITS EXPO 2017 sebagai sekertaris umum. Penulis pernah menjadi ketua asisten AutoCAD (2017-2018), ketua asisten gambar teknik (2017-2018), ketua praktikum metrologi industri (2018-2019) dan menjadi asisten dosen di laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk (2018-2020).

Penulis memiliki prinsip dijalani dengan tekun dan terus maju, dengan motto "*Talk Less Do More*". Penulis sangat terbuka bila ada saran dan kritik yang membangun serta masukan terkait tugas akhir ini bisa dikirimkan melalui e-mail sulthoni.kurniawan@gmail.com.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan