

**RANCANG BALIK DAN PEMBUATAN PURWARUPA
KEMUDI SEPEDA JENIS 'HALFBIKE'**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



Disusun Oleh :

Nama : Ihram Akhmad Shalahudin
No. Mahasiswa : 19525008
NIRM : 1901110216

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2023

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**RANCANG BALIK DAN PEMBUATAN PURWARUPA
KEMUDI SEPEDA JENIS 'HALFBIKE'**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

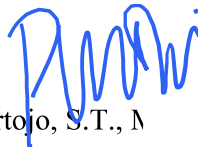
Nama : Ihram Akhmad Shalahudin

No. Mahasiswa : 19525008

NIRM : 1901110216

Yogyakarta, 13 November 2023

Pembimbing I,



Purtojo, S.T., M

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**RANCANG BALIK DAN PEMBUATAN PURWARUPA
KEMUDI SEPEDA JENIS 'HALFBIKE'**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Ihram Akhmad Shalahudin

No. Mahasiswa : 19525008

NIRM : 1901110216

Tim Penguji

Purtojo, S.T., M.Sc.

Ketua

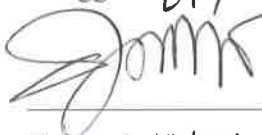
Ir. Santo Aji Dhewanto, S.T., M.M., IPP


Anggota I

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP

Anggota II


Tanggal : 27/12/2023


Tanggal : 14/12/2023


Tanggal : 11/12/2023

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin





Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya yang bertanda tangan dibawah ini, Ihram Akhmad Shalahudin selaku penulis tugas akhir yang berjudul “RANCANG BALIK DAN PEMBUATAN PURWARUPA KEMUDI SEPEDA JENIS 'HALFBIKE'” menyatakan bahwa karya tulis ilmiah yang saya buat merupakan karya sendiri bukan hasil plagiarisme dari karya tulis yang dibuat oleh orang lain. Semua referensi dan kutipan yang saya tulis pada karya tulis ini saya cantumkan sitasi dan sumber pustakanya. Apabila di kemudian hari saya dianggap melakukan pelanggaran hak kekayaan intelektual dan yang saya tulis pada karya ilmiah ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi dan hukuman yang berlaku.

Yogyakarta, 23 Desember 2023



Ihram Akhmad Shalahudin

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini dan ucapkan terimakasih kepada:

Bapak dan Ibu,

Hari Purwanto & Liessetiyan

Terimakasih telah mengantarkan saya sampai di titik ini. Terimakasih atas segala perjuangan yang telah kalian berikan kepada saya. Semoga gelar yang saya peroleh ini dapat membanggakan kalian. Saya beruntung menjadi seorang anak dari kalian.

Om Ambar & Om Menyeng

Terimakasih telah menjadi konsultan Saya untuk melakukan progress pembuatan sepeda *halfbike*.

Saya,

Ihram Akhmad Shalahudin

Terimakasih atas segalanya, terimakasih atas kekuatan mu, terimakasih atas perjuangan mu, terimakasih sudah cukup kuat selama ini. Perjalanan kita belum selesai, bekerjasamalah sekali lagi, hingga akhir.

HALAMAN MOTTO

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ

“Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan salat. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.” (Q.S Al-Baqarah: 153)

وَمَنْ يَتَّقِ اللَّهَ يَجْعَلْ لَهُ مِنْ أَمْرِهِ يُسْرًا

“Dan barangsiapa yang bertakwa kepada Allah, niscaya Allah menjadikan baginya kemudahan dalam urusannya.” (Q.S At-Talaq: 4)

"Satu-satunya sumber pengetahuan adalah pengalaman."

- Albert Einstein

“Tidak ada kesuksesan tanpa kerja keras. Tidak ada keberhasilan tanpa kebersamaan. Tidak ada kemudahan tanpa doa.”

- Ridwan Kamil

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum wr. wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan nikmat-Nya sehingga program tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir dengan judul “RANCANG BALIK DAN PEMBUATAN PURWARUPA KEMUDI SEPEDA JENIS 'HALFBIKE” dapat terlaksana dan terselesaikan dengan baik. Tak lupa sholawat dan salam senantiasa penulis panjatkan kepada Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, serta para pengikutnya yang telah berjuang dan membimbing kita keluar dari kegelapan menuju jalan yang terang benderang untuk menggapai ridho Allah SWT.

Pelaksanaan tugas akhir merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar sarjana Strata Satu pada program studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Tugas akhir ini bertujuan untuk menyalurkan ilmu yang telah diperoleh di bangku kuliah dengan realita yang terjadi di dunia industri. Harapan yang ingin dicapai setelah melakukan tugas akhir ini, penulis mampu menerapkan ilmu yang telah diperoleh dengan baik.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo M.T. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Purtojo, S.T., M.Sc. selaku dosen tugas akhir yang telah memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir serta memberikan semangat dan motivasi yang sangat besar bagi penulis.
4. Orang tua penulis, Bapak Hari Purwanto dan Ibu Lissetiyani yang telah memberikan doa, semangat, dan motivasi dalam pelaksanaan tugas akhir.

5. Kawan-kawan Teknik Mesin UII dan semua pihak yang telah memberikan dukungan, doa, semangat, serta membantu proses penyelesaian laporan viii tugas akhir. Semoga kebaikan-kebaikan yang diberikan menjadi amal sholeh dan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Aamiin.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik, saran dan masukan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penulisan di masa yang akan datang. Akhir kata semoga laporan tugas akhir ini dapat digunakan sebagaimana mestinya serta berguna bagi penulis khususnya dan bagi para pembaca yang berminat pada umumnya.

Yogyakarta, 13 November 2023



Penulis

ABSTRAK

Halfbike merupakan inovasi sepeda yang sampai sekarang masih dikembangkan oleh beberapa kreator. *Halfbike* memiliki bentuk yang berbeda dari sepeda sebelumnya, yaitu tidak memiliki *saddle* dan memiliki 3 roda, dimana roda depan merupakan roda besar yang akan dijadikan sebagai sumber gerak karena terhubung oleh rantai, dan 2 roda belakang merupakan roda kecil yang berguna untuk membantu keseimbangan pada sepeda. Pengujian yang dilakukan adalah menggunakan kemudi untuk melakukan rancang balik dan melakukan purwarupa produk. Kemudi menjadi salah satu komponen utama dalam kendaraan sepeda. Bahan yang dipakai untuk pembuatan kemudi alternatif adalah plat besi jenis ASTM A36 Steel. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian penggunaan sepeda *halfbike* dengan menggunakan 2 kemudi yang ada dengan 3 titik jarak, yaitu 0 m, 5 m, dan 10 m. Hasil yang didapat dari kedua kemudi tersebut adalah bahwa kemudi dari produk awal memiliki tekanan maksimal sebesar 21.804,0741 N/m², tegangan tekan sebesar 2,175 N/mm², tegangan geser sebesar 4,156 N/mm², dan *safety factor* sebesar 9,149. Sedangkan pada kemudi alternatif memiliki tekanan maksimal sebesar 3.342.725 N/mm², tegangan tekan sebesar 6,875 N/mm², tegangan geser sebesar 4,156 N/mm², dan *safety factor* sebesar 36,36. Kesimpulan pada pengujian ini adalah bahwa kemudi alternatif memiliki tekanan maksimal dan tegangan tekan yang lebih kuat dibanding kemudi produk awal, namun kemudi alternatif memiliki *safety factor* min yang lebih kecil dibanding dengan kemudi produk awal.

Kata kunci: sepeda, Rancang balik, kemudi

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Pernyataan Keaslian	iii
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vii
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	viii
Abstrak	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Daftar Notasi	xv
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Sepeda <i>Halfbike</i>	7
2.2.2 <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	8
2.2.3 <i>Finite Element Analysis</i>	9
2.2.4 <i>Reverse Engineering</i>	10
2.2.5 Pengujian Tekan	11
2.2.6 Tegangan Regangan	12
Bab 3 Metodologi Penelitian	14
3.1 Alur Penelitian	14

3.2	Identifikasi komponen sepeda <i>halfbike</i>	16
3.3	Identifikasi komponen sepeda <i>halfbike</i>	17
3.4	Perancangan Produk Kemudi.....	22
3.4.1	Perancangan produk asli.....	22
3.4.1.1	Sketsa Desain	22
3.4.1.2	Desain pada <i>software</i>	24
3.5	Kriteria Desain.....	29
3.5.1	Kriteria Must	29
3.5.2	Kriteria Want	29
3.6	Perancangan model alternatif.....	30
3.7	Penentuan kriteria desain produk alternatif	30
3.8	<i>Create and Run Mesh</i>	33
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	38
4.1	Hasil Validasi Data	38
4.1.1	Hasil Perhitungan Manual	38
4.1.2	Hasil Perhitungan CAE	53
4.1.3	Perbandingan Perhitungan.....	65
4.2	<i>User Reviews</i>	67
Bab 5	Penutup.....	69
5.1	Kesimpulan	69
5.2	Saran atau Penelitian Berikutnya.....	69
Daftar Pustaka	70

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Dimensi Halfbike.....	16
Tabel 3-2	Identifikasi komponen produk <i>halfbike Bowqi</i>	17
Tabel 3-3	Kriteria desain <i>range</i> harga dan berat produk alternatif.....	32
Tabel 3-4	Kriteria desain dari produk alternatif.....	33
Tabel 4-1	Tabel hasil pengujian kecepatan dan percepatan pada produk kemudi asli.....	39
Tabel 4-2	Tabel hasil pengujian kecepatan dan percepatan pada produk kemudi alternatif.....	47
Tabel 4-3	Perbandingan perhitungan manual pada kedua kemudi	65
Tabel 4-4	Perbandingan validasi data dari kedua perhitungan	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1	<i>Halfbike</i>	2
Gambar 2-1	Sepeda.....	5
Gambar 2-2	Evolusi Sepeda.....	6
Gambar 2-3	Komponen <i>Halfbike</i>	7
Gambar 2-4	Proses pembuatan produk di CAD Solidworks	8
Gambar 2-5	Diagram <i>Finite Element Analysis</i>	9
Gambar 2-6	<i>Mesh Airplane</i>	10
Gambar 2-7	Skema <i>reverse engineering workflow</i>	11
Gambar 2-8	Kurva tegangan regangan	13
Gambar 3-1	Produk <i>Halfbike</i> AliExpress	16
Gambar 3-2	Sketsa desain <i>Head Halfbike</i>	23
Gambar 3-3	Sketsa desain <i>Front Rim Half bike</i>	23
Gambar 3-4	Sketsa desain <i>Middle Pedal Half bike</i>	24
Gambar 3-5	Sketsa desain <i>Rear Body Half bike</i>	24
Gambar 3-6	<i>Head Halfbike</i>	25
Gambar 3-7	<i>Front Rim Halfbike</i>	26
Gambar 3-8	<i>Pedal Halfbike</i>	26
Gambar 3-9	<i>Rear body Halfbike</i>	27
Gambar 3-10	<i>Upper Frame</i>	27
Gambar 3-11	<i>Lower frame</i>	28
Gambar 3-12	<i>Assembly Halfbike</i>	28
Gambar 3-13	Produk kemudi alternatif 1	30
Gambar 3-14	Produk kemudi alternatif 2	30
Gambar 3-15	Produk kemudi alternatif 3	31
Gambar 3-16	Produk kemudi alternatif 4	31
Gambar 3-17	Pilihan Material.....	34
Gambar 3-18	<i>Fixed geometry</i>	34
Gambar 3-19	<i>Reference Geometry</i>	35
Gambar 3-20	Pemasukan Gaya.....	35
Gambar 3-21	Membuat <i>mesh</i>	36

Gambar 3-22	Menjalankan <i>mesh</i>	36
Gambar 3-23	Hasil <i>mesh</i>	37
Gambar 4-1	Sudut posisi tangan manusia	41
Gambar 4-2	Diagram benda bebas kemudi asli	41
Gambar 4-3	Luas area kritis tegangan tekan produk asli	44
Gambar 4-4	Luas area kritis tekanan geser frame	45
Gambar 4-5	Sudut posisi tangan manusia	48
Gambar 4-6	Diagram benda bebas kemudi alternatif	48
Gambar 4-7	Luas area kritis tegangan tekan produk alternatif	51
Gambar 4-8	Luas area kritis tegangan geser produk alternatif	52
Gambar 4-9	Simulasi <i>stress</i> produk kemudi asli	54
Gambar 4-10	Titik point dari simulasi <i>stress</i> produk kemudi asli	54
Gambar 4-11	Simulasi <i>displacement</i> produk kemudi asli	55
Gambar 4-12	Titik point dari simulasi <i>displacement</i> produk kemudi asli	56
Gambar 4-13	Simulasi <i>strain</i> produk kemudi asli	57
Gambar 4-14	Titik point dari simulasi <i>strain</i> produk kemudi asli	57
Gambar 4-15	Simulasi <i>factor of safety</i> produk kemudi asli	58
Gambar 4-16	Titik point dari simulasi <i>factor of safety</i> produk kemudi asli	58
Gambar 4-17	Simulasi <i>stress</i> produk kemudi alternatif	59
Gambar 4-18	Titik point dari simulasi <i>stress</i> produk kemudi alternatif	60
Gambar 4-19	Simulasi <i>displacement</i> produk kemudi alternatif	61
Gambar 4-19	Titik point dari simulasi <i>displacement</i> produk kemudi alternatif	61
Gambar 4-21	Simulasi <i>strain</i> produk kemudi alternatif	62
Gambar 4-22	Titik point dari simulasi <i>strain</i> produk kemudi alternatif	62
Gambar 4-23	Simulasi <i>factor of safety</i> produk kemudi alternatif	63
Gambar 4-24	Titik point dari simulasi <i>factor of safety</i> produk kemudi alternatif	64
Gambar 4-25	User Reviews	67

DAFTAR NOTASI

F_{berat}	= Gaya berat (N)
F_{dorong}	= Gaya dorong (N)
m	= Massa (kg)
a	= Percepatan (m/s^2)
g	= Gravitasi bumi ($9,8 \text{ m/s}^2$)
σ	= Tegangan (N/mm^2 atau mPa)
ε	= Regangan
F_x	= Gaya arah x
F_y	= Gaya arah y
SF	= <i>Safety Factor</i>
<i>Strength</i>	= Kekuatan material yang dipakai
<i>Stress</i>	= Tegangan yang dihasilkan
A	= Luas permukaan (mm^2)
M_a	= Momentum

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Olahraga merupakan kegiatan fisik yang dilakukan dengan melibatkan seluruh gerakan dari anggota tubuh secara berstruktur dengan tujuan untuk meningkatkan kesehatan jasmani. Olahraga dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan alat bantu transportasi dan tanpa alat bantu transportasi. Salah satu alat transportasi yang sering digunakan adalah sepeda.

Sepeda merupakan alat transportasi yang dibentuk pada tahun 1817 oleh Baron Karl Von Drais. Sepeda pertama tersebut dibuat dengan menggunakan kayu dengan menggunakan setir, namun alat tersebut tidak memiliki pedal. Seiring berjalannya generasi ke generasi, sepeda memiliki perkembangan yang sangat pesat hingga memiliki berbagai keunggulan yang dimiliki oleh sepeda tersebut. Selain itu, sepeda pada era sekarang memiliki berbagai jenis. Menurut Ahmad Arif (2010), Jenis sepeda yang ada di pasaran diantaranya adalah sepeda gunung atau *BMX*, sepeda balap, sepeda lipat, sepeda *touring*, sepeda *hybrid*, sepeda ontel, sepeda wandu, *fixed gear*, dan *low rider*. Namun, pada era sekarang, orang mulai berinovasi untuk membentuk sepeda dengan motif yang berbeda dari motif sebelumnya, motif yang masih dikembangkan adalah *halfbike*.

Halfbike merupakan inovasi sepeda yang sampai sekarang masih dikembangkan oleh beberapa kreator. *Halfbike* memiliki bentuk yang berbeda dari sepeda sebelumnya, yaitu tidak memiliki *saddle* dan memiliki 3 roda, dimana roda depan merupakan roda besar yang akan dijadikan sebagai sumber gerak karena terhubung oleh rantai, dan 2 roda belakang merupakan roda kecil yang berguna untuk membantu keseimbangan pada sepeda.



Gambar 1-1 *Halfbike*

(Sumber: <https://halfbikes.com/after-20km-ride>)

Halfbike memiliki berbagai keunggulan yang berbeda dari sepeda lain, salah satunya adalah untuk melatih keseimbangan pada tubuh agar tidak terjatuh. Namun, produk *Halfbike* tersebut memerlukan uji ketahanan yang kuat untuk mengetahui batas maksimal berat badan agar tidak rusak.

Untuk mengatasi solusi tersebut, penulis tertarik untuk meneliti pengujian kekuatan dan ketahanan pada sepeda *halfbike* dengan menggunakan simulasi analisis yang ada di SOLIDWORKS 2018 beserta perhitungan yang akan digunakan sebagai perbandingan. Analisis ini mencakup beberapa elemen yang ada di solidworks termasuk momen inersia dan defleksi. Analisis ini dinamakan analisis elemen terbatas (*finite element analysis*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan hasil perhitungan antara kemudi dari produk asli dengan produk alternatif pada sepeda *halfbike* dengan menggunakan *finite element analysis*?
2. Apakah perhitungan hasil data yang diperoleh dari CAD dengan perhitungan manual pada kedua kemudi tersebut valid?

3. Bagaimana respon dari pengguna yang telah menggunakan kedua produk kemudi yang telah dibuat?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian pembuatan dan analisis *Halfbike* adalah sebagai berikut:

1. Peneliti akan membeli produk *halfbike* dari toko online
2. *Software* yang digunakan untuk menganalisis produk *Halfbike* adalah Solidworks 2018
3. Pengujian *mesh*, gaya gesek, dan momen *bend* yang dilakukan dengan melakukan perhitungan dan simulasi
4. Membandingkan hasil perhitungan antara *software* dengan manual
5. Mendesain bagian yang akan diganti dengan *solidworks*
6. Membandingkan hasil yang muncul dari produk asli dengan produk *reverse engineering*
7. Produk yang akan dibuat untuk *reverse engineering* menggunakan bahan material besi plat 5 mm

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, Adapun tujuan dari penelitian tersebut adalah:

1. Untuk mengetahui perbandingan hasil perhitungan antara kemudi dari produk asli dengan produk alternatif pada sepeda *halfbike* dengan menggunakan *finite element analysis*.
2. Untuk mengetahui perhitungan hasil data yang diperoleh dari CAD dengan perhitungan manual pada kedua kemudi tersebut valid atau tidak.
3. Untuk mengetahui respon dari pengguna yang telah menggunakan kedua produk kemudi yang telah dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Berdasarkan tujuan yang dibuat, Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui perbandingan hasil perhitungan antara kemudi dari produk asli dengan produk alternatif pada sepeda *halfbike* dengan menggunakan *finite element analysis*.
2. Mengetahui perhitungan hasil data yang diperoleh dari CAD dengan perhitungan manual pada kedua kemudi tersebut valid atau tidak.
3. Mengetahui respon dari pengguna yang telah menggunakan kedua produk kemudi yang telah dibuat.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada bagian ini dituliskan urutan dan sistematika penulisan yang dilakukan. Berikan ringkasan mengenai isi masing-masing bab. Sistematika penulisan laporan pada praktik kerja ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang dari suatu permasalahan, pelaksanaan, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan pengertian dari sepeda *Halfbike*, disertakan adanya materi yang akan dipakai untuk melakukan pengujian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan untuk melakukan suatu penelitian dan perhitungan dari produk *Halfbike*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil analisis dari penelitian yang telah dipakai dalam produk *Halfbike*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

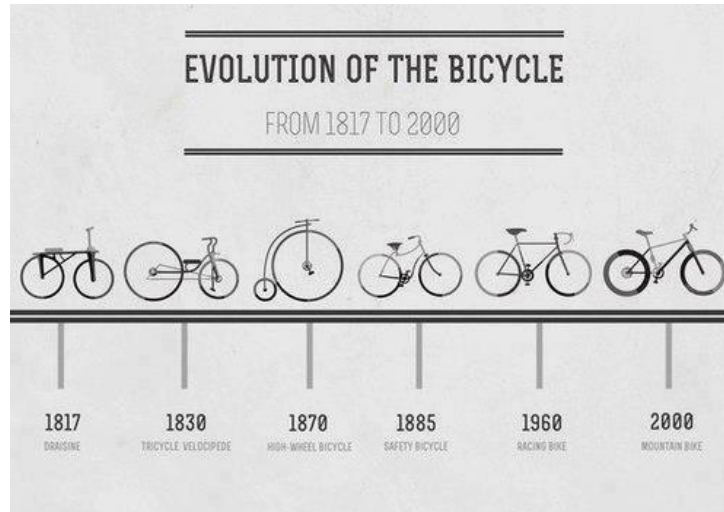
2.1 Kajian Pustaka

Perancangan dan Pengembangan produk menjadi dasar untuk memulai dalam membuat sebuah produk. Dikutip oleh Agustinus (2017) bahwa kemampuan dalam perancangan dan mewujudkannya dalam produk nyata merupakan salah satu keunggulan untuk memproduksi hasil rancangan yang diperoleh. Lalu Pengembangan yang dilakukan adalah dengan menganalisis dan memproduksi produk. Berikut adalah contoh dari perancangan dan pengembangan produk:



Gambar 2-1 Sepeda

Contoh perancangan dan pengembangan yang terjadi hingga saat ini adalah sepeda. Sepeda hingga sekarang masih dikembangkan oleh seluruh perusahaan sepeda hingga dapat menciptakan sepeda dengan inovasi baru.. Berikut adalah perancangan dan perkembangan sepeda dari awal perancangan hingga era sekarang:



Gambar 2-2 Evolusi Sepeda

Evolusi tersebut berlangsung hingga terciptanya *Halfbike* yang pertama kali dibuat oleh Martin Angelov pada tahun 2014. *Halfbike* memiliki desain yang berbeda dari sepeda lain, namun sepeda tersebut hanya dijual di negara tertentu. Sepeda *halfbike* memiliki beberapa keuntungan.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Fachrezy (2017) adalah menganalisis, merancang dan membuat sepeda *halfbike* yang digunakan untuk mobilitas di kampus. Dimana sepeda *halfbike* ini akan menganalisis sistem transmisi yang digunakan pada sepeda tersebut dengan menggunakan transmisi rantai. Rantai tersebut menggunakan rantai bertipe 08B dengan pitch 12,7mm dan panjang 1092,2mm yang mampu menahan beban sebesar 1462,37 N.

Lalu penelitian tersebut dikembangkan oleh Dian (2017) yang dimana sepeda *halfbike* tersebut akan dibentuk sebagai sumber energi yang dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Penggerak tersebut akan dibantu dengan menggunakan arus motor DC.

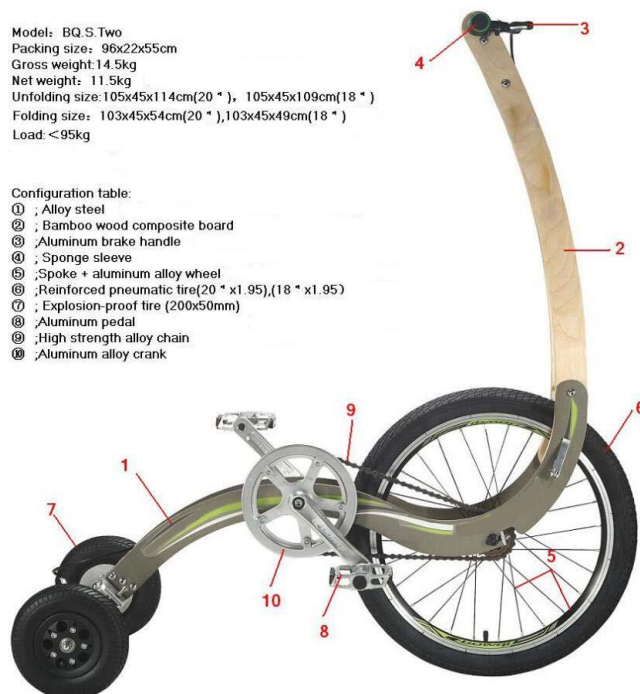
Dan penelitian tersebut dikembangkan oleh Tri (2018) yang dimana sepeda *halfbike* akan dibuat rancangan kerangka sepeda *halfbike* dengan motor DC.

2.2 Dasar Teori

Pada penelitian ini akan menggunakan beberapa dasar teori yang bertujuan sebagai landasan untuk menganalisis produk tersebut.

2.2.1 Sepeda *Halfbike*

Pada tahun 2014, Martin Angelov, seorang penemu dan pendiri dari *Half Bike* menciptakan sepeda *Half Bike* sebagai alat transportasi yang dikhususkan untuk olahraga. Sepeda ini memiliki beberapa keunggulan dari sepeda lain, yaitu meningkatkan posisi badan, *full body workout*, melatih kardio, melatih keseimbangan badan, dan melatih tubuh dengan tekanan rendah. Berbeda dari sepeda pada umumnya, *Half Bike* memiliki komponen yang berbeda dari sepeda lain, yaitu bentuk *body* sepeda dan tidak ada *seat*. Berikut adalah komponen yang tersedia pada sepeda tersebut:



Gambar 2-3 Komponen *Halfbike*

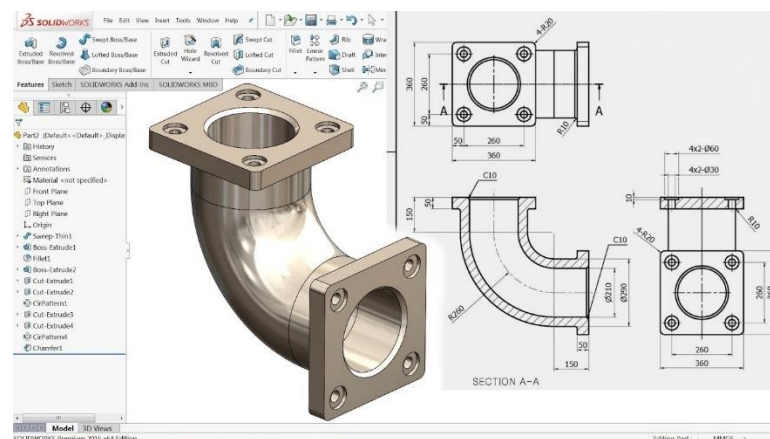
(Sumber: Aliexpress)

2.2.2 Computer Aided Design (CAD)

Menurut Gatot Nazir Ahmad 2022, *Computer Aided Design* atau perancangan dengan bantuan komputer merupakan penggunaan komputer untuk merancang produk secara interaktif dan dokumen teknis[2]. CAD ini sering digunakan secara luas di perangkat yang berbasis komputer yang membantu beberapa pekerjaan, seperti insinyur teknik, arsitek, dan profesional perancangan yang bekerja dibidang desain [3].

Secara singkat, CAD merupakan proses pembuatan desain di komputer dengan bertujuan untuk membuat suatu produk. CAD memiliki beberapa *software* yang mampu membantu kita untuk membuat suatu rancangan produk, contoh *software* tersebut adalah Solidworks, Autodesk Inventor, AutoCAD, dan masih banyak lagi.

CAD dapat membantu proses produksi pada produk yang ingin dibuat, selain itu, CAD mampu menganalisis produk yang akan dibuat, seperti pengukuran suatu bentuk, pemilihan material, pengujian tekanan, hingga pembuatan *drawing* yang berguna untuk membentuk sebuah *blueprint* dengan bertujuan untuk membangun produk secara rill.

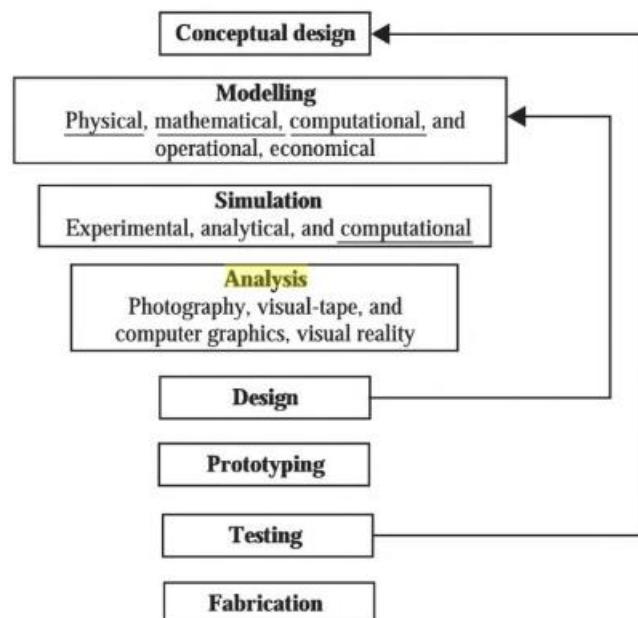


Gambar 2-4 Proses pembuatan produk di CAD Solidworks
(Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=EyOD8CohvRs>)

2.2.3 Finite Element Analysis

Finite Element Analysis atau *Finite Elements Methods* dapat menyelesaikan masalah struktur pada mekanika untuk menghasilkan suatu hasil dari tegangan, regangan, defleksi, hingga *fatigue*. Keunggulan dari metode *finite element* ini adalah penggunaan waktu dan biaya yang tidak mahal, selain itu, *Finite Element Methods* dapat menentukan model yang akan dibuat sebelum prototipe dibuat[6].

Menurut Liu dan Quek 2003, *Finite Element Analysis* merupakan metode pertama yang digunakan untuk menyelesaikan masalah mengenai analisis tekanan. Selain itu, metode ini banyak diaplikasikan untuk beberapa masalah seperti analisis termal, *fluid flow*, *piezoelectrics*, dan masih banyak lagi. *Finite Element Analysis* merupakan pencarian masalah dengan metode numerik yang dapat memberi solusi dari distribusi di bidang variabel dengan menyelesaikan masalah yang sulit ditemukan[7]. Berikut adalah diagram *Finite Element Analysis* yang dikonsepsikan oleh Liu dan Quek:

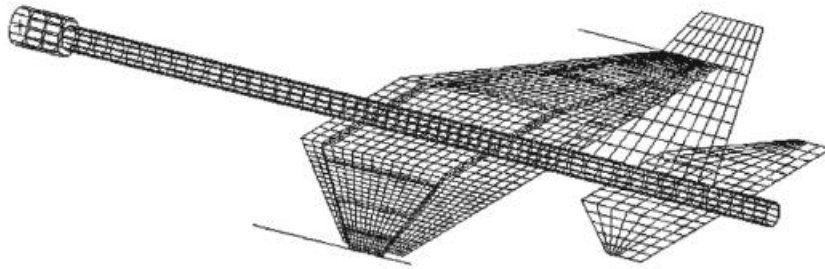


Gambar 2-5 Diagram *Finite Element Analysis*

Sumber: Liu and Quek, 2003

Penggunaan *Finite Element Analysis* sudah sering digunakan untuk beberapa industry. Menurut Seshu 2004, *Finite Element Analysis* ini diaplikasikan ke dalam beberapa kegiatan industri, seperti otomotif, proses manufaktur, sistem penerbangan, struktur mekanik, elektromagnetik, dan masih banyak lagi. Berikut

adalah contoh penggunaan *Finite Element Analysis* pada *mesh* dari pengujian Liu dan Quek:



Gambar 2-6 *Mesh Airplane*

Sumber: Liu dan Quek 2003

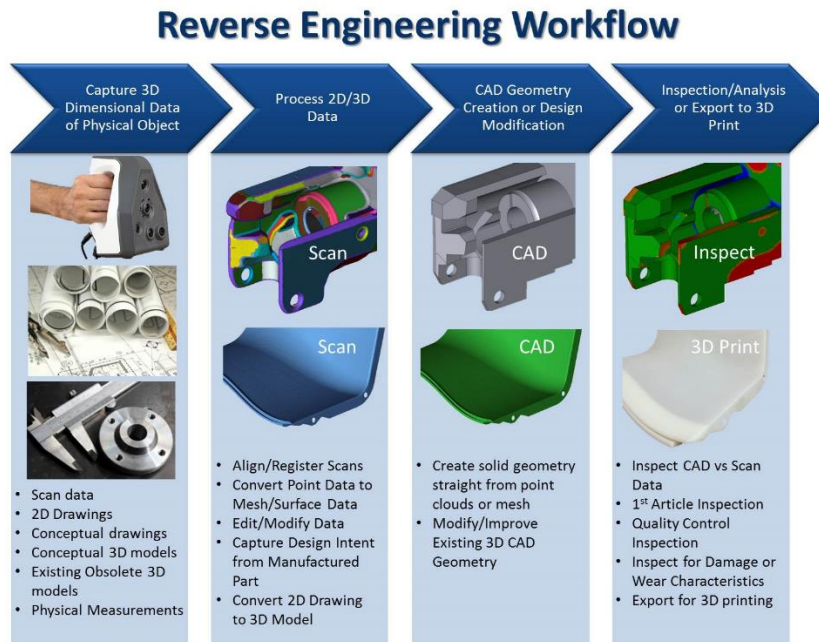
2.2.4 Reverse Engineering

Menurut Eilam, 2005, *Reverse Engineering* merupakan suatu konsep ekstrak dari pengetahuan atau model *blueprint* dari benda apapun yang dibuat. Konsep ini sudah ada sejak komputer atau teknologi belum ada. *Reverse Engineering* ini digunakan untuk menemukan bagian yang hilang atau terdapat kekurangan dari sebuah konsep, ide, dan suatu desain yang dibuat.

Secara harfiah, *Reverse Engineering* merupakan suatu proses mengukur, analisis, dan pengujian untuk membangun kembali gambaran objek terbalik atau penemuan sebelumnya. Bagian-bagian yang akan digunakan untuk melakukan *reverse engineering* harus sesuai dengan kriteria yang ada dari produk asli (Wang, 2010).

Kegunaan dari reverse engineering adalah untuk melakukan analisis program, mendapatkan kembali arsitektur dan desain model UML dari aplikasi, visualisasi, serta menciptakan artefak seperti model desain untuk mendukung pembangunan perangkat lunak (Harman, 2007).

Berikut adalah cara kerja dari *reverse engineering* berdasarkan sumber dari PT. Dynatech International:



Gambar 2-7 Skema *reverse engineering workflow*

Sumber: <https://dynatech-int.com/id/metode-reverse-engineering-dalam-industri-manufacture/>

2.2.5 Pengujian Tekan

Pengujian tekan merupakan salah satu pengujian yang dilakukan pada *core* dengan bertujuan untuk mengetahui kekuatan material yang diterima oleh beban (Agung, 2020). Pengujian tekan masih diperlukan untuk menghindari dimensi yang berlebihan berdasarkan pengujian melalui pengujian tarik saja. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk melakukan pengujian berdasarkan yang dijelaskan oleh Andri, 2018:

$$P = \frac{F}{A}$$

Menurut Andri, 2020, fenomena yang terjadi pada uji tekan ini dibagi menjadi tiga peristiwa:

a. *Barelling*

Barelling merupakan perubahan yang terjadi pada bentuk dan dimensi disebabkan oleh adanya gesekan antara penekanan dengan benda uji. Gesekan tersebut menimbulkan terjadinya penekanan yang terhambat oleh permukaan atas dan bawah.

b. *Buckling*

Buckling merupakan peristiwa terbengkoknya suatu specimen yang disebabkan oleh ukuran specimen yang lebih kecil daripada tinggi specimen, serta benda uji tidak satu sumbu pada saat penekanan.

c. *Strain Hardening*

Strain Hardening merupakan fenomena pengerasan pada material akibat adanya penumpukan dislokasi pada batas butir. Fenomena tersebut dapat berakibat benda uji patah.

2.2.6 Tegangan Regangan

Tegangan merupakan kekuatan dari gaya yang menyebabkan penarikan, peremasan, atau menuntiran. Sedangkan Regangan merupakan hasil deformasi dari benda uji tersebut. Pada saat tegangan dibagi dengan regangan, akan menghasilkan nilai modulus elastisitas. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menentukan nilai tegangan, regangan, dan modulus elastisitas berdasarkan Roger, 2002:

Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

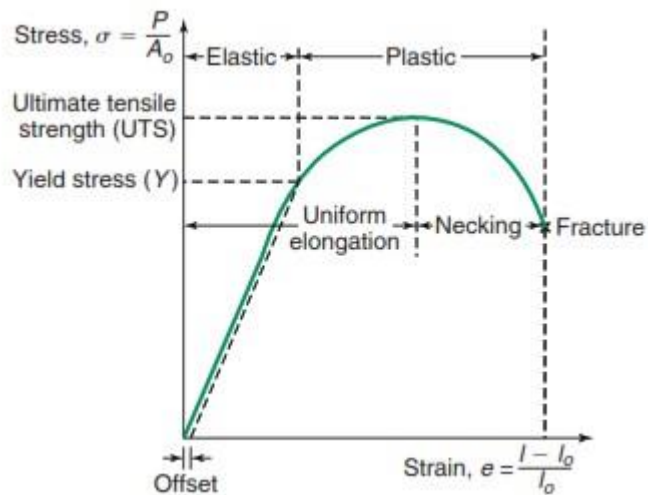
Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$
$$\varepsilon = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$

Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Tegangan dan regangan dapat dilakukan dengan berbagai cara. Yaitu tegangan regangan Tarik, dorong, bulk, dan geser. Tegangan regangan tersebut dapat dibentuk dalam bentuk kurva yang dinamakan kurva tegangan dan regangan. Berikut adalah kurva tegangan dan regangan:



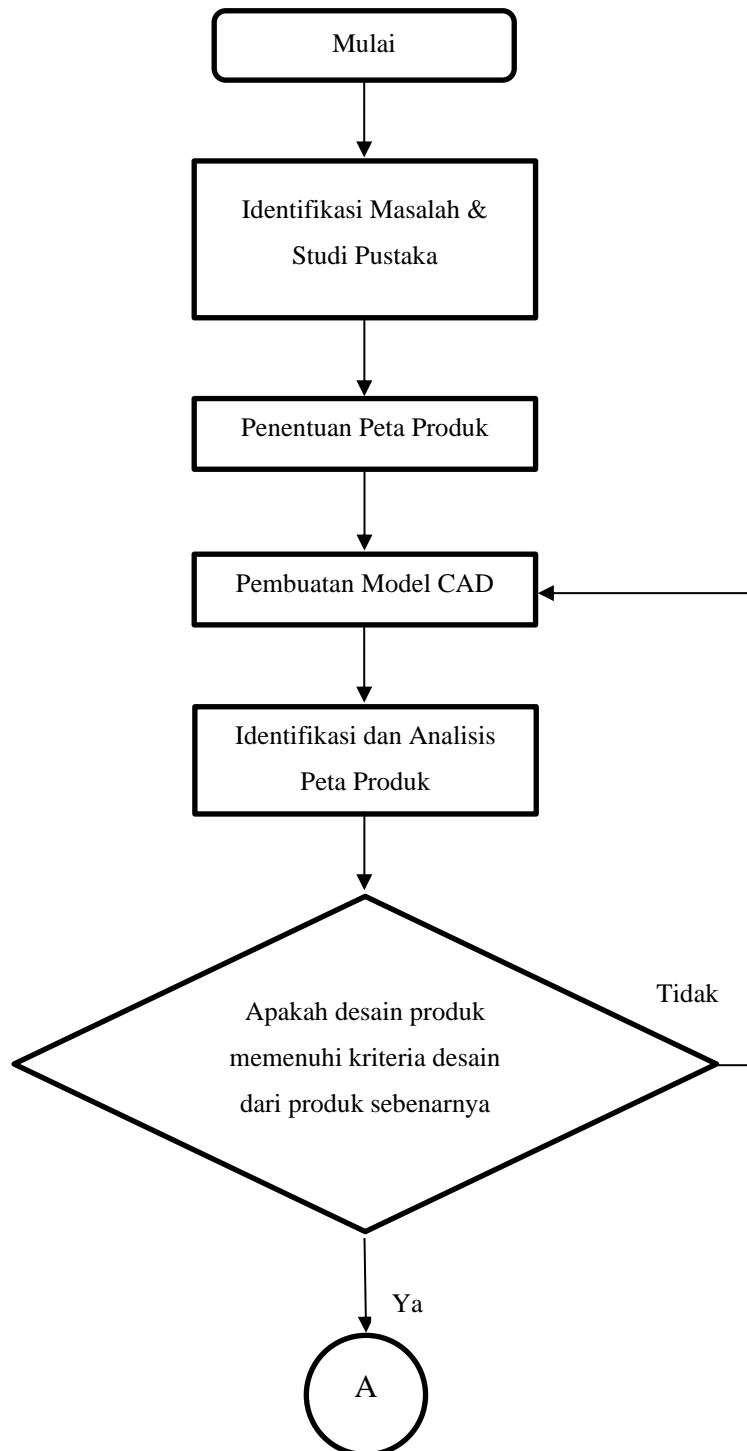
Gambar 2-9 Kurva tegangan regangan

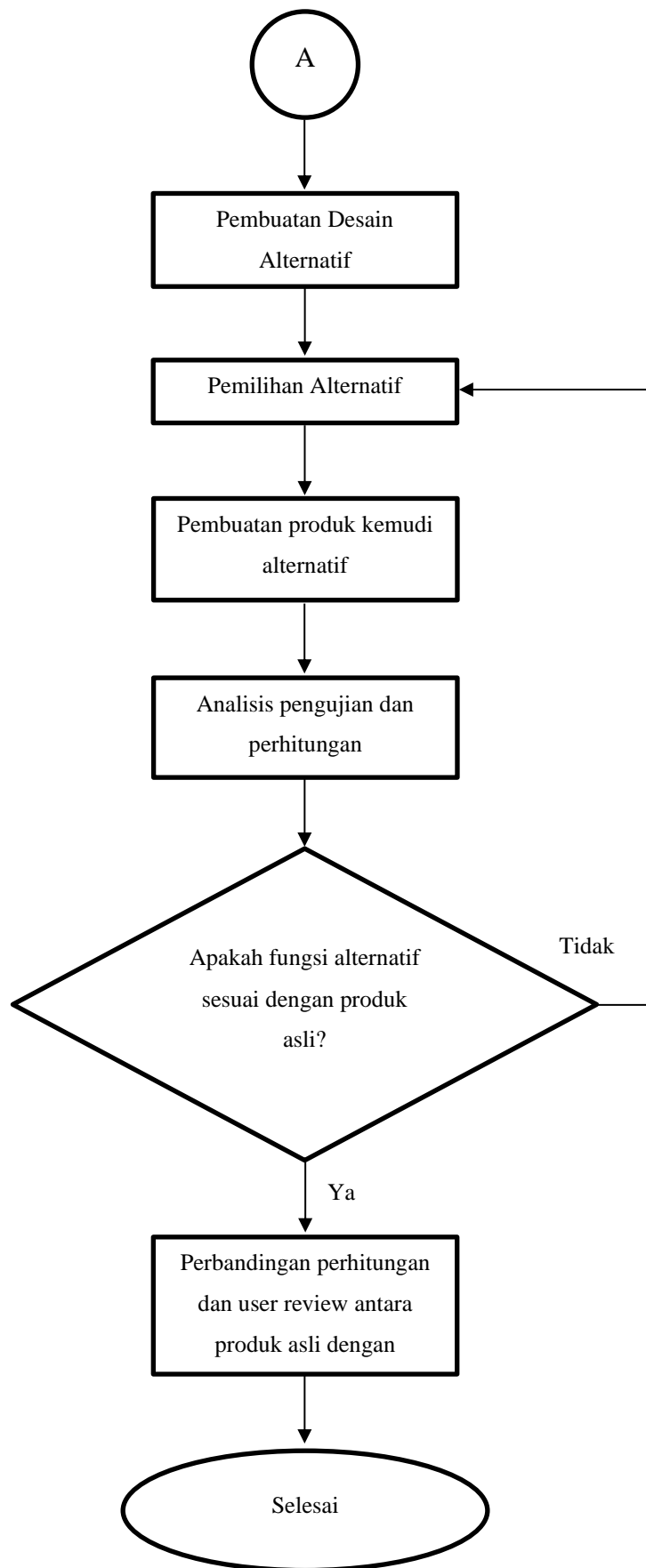
Berdasarkan kurva tersebut, jenis material terdiri dari elastis dan plastic. Material elastis berada di area offset hingga yield stress, sedangkan plastic berada di area luar dari yield stress. Kondisi plastic ini memiliki 3 dampak, yaitu uniform elongation yang dimana bentuk akan berubah, namun tidak dapat Kembali ke bentuk semula karena mengalami ultimate tensile strength, yaitu batas maksimal dari material tersebut. Lalu selanjutnya ke proses necking yang dimana kondisi material mulai retak. Terakhir fracture yang dimana proses ini merupakan titik akhir dari kurva karena mengalami patah material.

BAB 3

METODE PENELITIAN

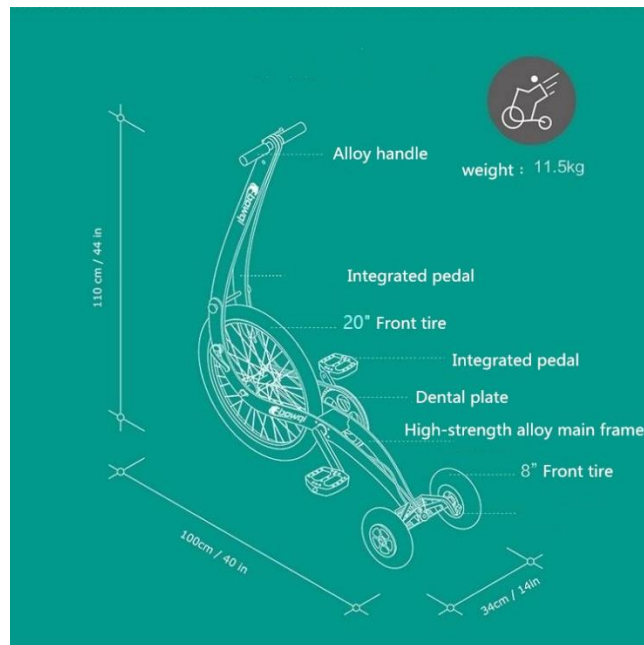
3.1 Alur Penelitian





3.2 Identifikasi dimensi sepeda *halfbike*

Dimensi sepeda *halfbike* yang akan dibuat mengikuti dari dimensi yang ada di situs jual beli online yang bernama AliExpress dikarenakan produk tersebut masih belum ada di Indonesia. Berikut adalah gambaran yang digunakan sebagai referensi untuk membuat suatu prototype berdasarkan Gambar 3.1.



Gambar 3-1 Produk *Halfbike* AliExpress

Lalu dimensi yang ada pada gambar tersebut akan dimasukkan ke dalam tabel yang akan dibuat dalam bentuk prototype dengan proses dan bentuk yang berbeda. Berikut adalah tabel yang disajikan dalam Tabel 3.1.:

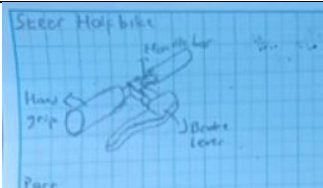
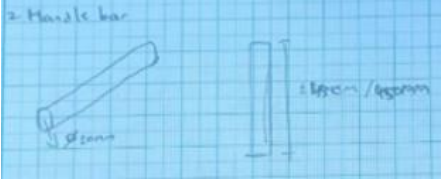


Tabel 3-1 Dimensi *Halfbike*




No	Produk	Dimensi		
		Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
1	Sepeda <i>halfbike</i>	1000	340	1100






3.3 Identifikasi komponen sepeda *halfbike*



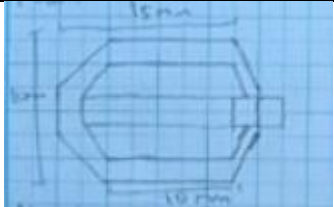
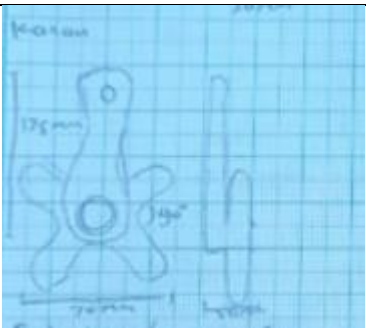
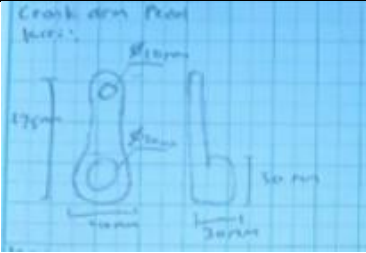
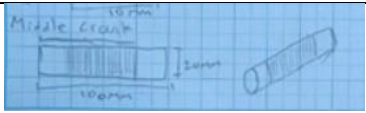
Identifikasi ini bertujuan untuk merencanakan sepeda *halfbike* yang ada pada produk asli dan diimplementasikan ke bentuk *prototype*. Identifikasi tersebut dilakukan dengan mendata komponen yang telah digunakan pada produk asli lalu mengidentifikasi komponen yang dibutuhkan untuk membuat produk *prototype* yang memiliki beberapa komponen yang berbeda. Pengidentifikasi produk *prototype* dilakukan setelah menemukan dan membuat beberapa komponen yang telah dicari di berbagai toko sepeda dan bengkel. Berikut adalah tabel mengenai komponen-komponen yang ada pada produk asli dengan produk *prototype* berdasarkan pada Tabel 3-2.

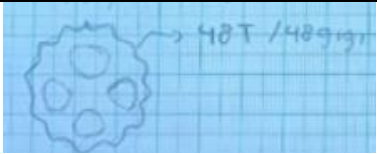
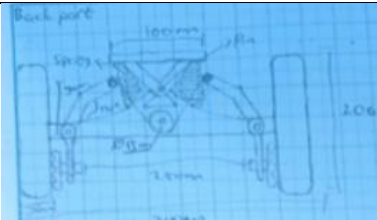
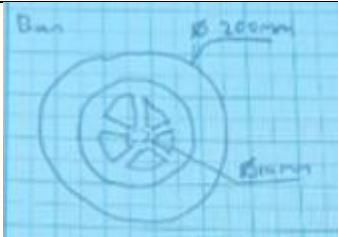
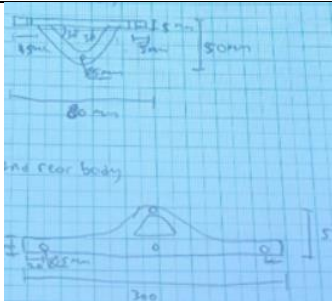

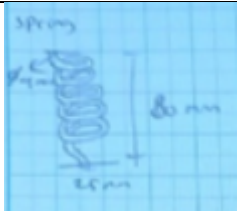

Tabel 3-2 Identifikasi komponen produk *halfbike Bowqi*

No	Nama Komponen	Kode Barang	Jumlah	Keterangan
1	<i>Front parts assembly</i>	1010	1	
1a	<i>Handle bar</i>	1011	1	
1b	<i>Handle bar tube (Optional)</i>	1012	2	
1c	<i>Hand grip</i>	1013	2	

	1d	<i>Upper frame link</i>	1014	1	
	2	<i>Upper frame assembly</i>	1020	1	
	2a	<i>Upper frame left</i>	1021	1	

	2b	<i>Upper frame right</i>	1022	1	
	2c	<i>Brake cable holder (upper frame)</i>	1023	1	
	3	<i>Lower frame assembly</i>	1030	1	
	3a	<i>Lower frame left</i>	1031	1	
	3b	<i>Lower frame right</i>	1032	1	

	3c	<i>Frame link</i>	1033	1	
	3d	<i>Brake cable holder (lower frame)</i>	1034	4	
	3e	<i>Bearing two way direction</i>	1035	1	
	4	<i>Pedal assembly</i>	1040	1	
	4a	<i>Pedal</i>	1041	2	
	4b	<i>Right crank arm</i>	1042	1	
	4c	<i>Left crank arm</i>	1043	1	
	4d	<i>Middle arm</i>	1044	1	

4e	Roda gigi	1045	1	
5	Rear frame assembly	1050	1	
5a	Rear tire	1051	2	
5b	Rear frame	1052	1	
5c	Rear brake arm	1053	2	
5d	Spring	1054	2	
5e	Brake cable linker	1055	1	

3.4 Perancangan produk kemudi

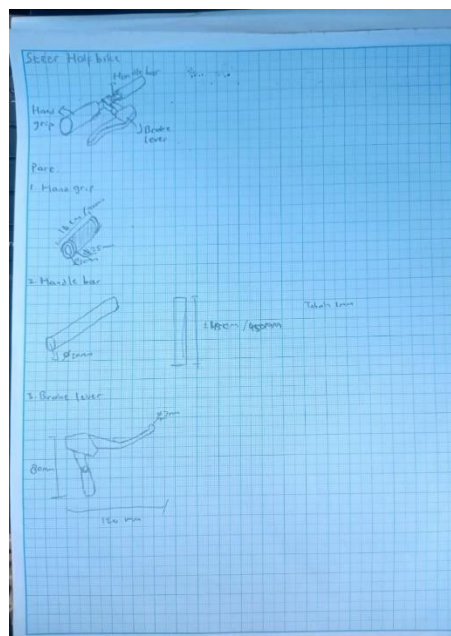
Perancangan ini merupakan perancangan yang dibuat dengan menggunakan beberapa metode, seperti sketsa gambar kasar dan model CAD. Perancangan produk tersebut dibagi menjadi dua, yaitu perancangan produk asli dan perancangan produk alternatif.

3.4.1 Perancangan produk asli

Perancangan ini adalah perancangan yang dibuat dari produk yang sudah beli. Produk ini akan dianalisis dari hasil perhitungan yang ada dari solidworks. Perancangan ini akan dibuat dengan dua metode, yaitu metode sketsa desain dan model CAD.

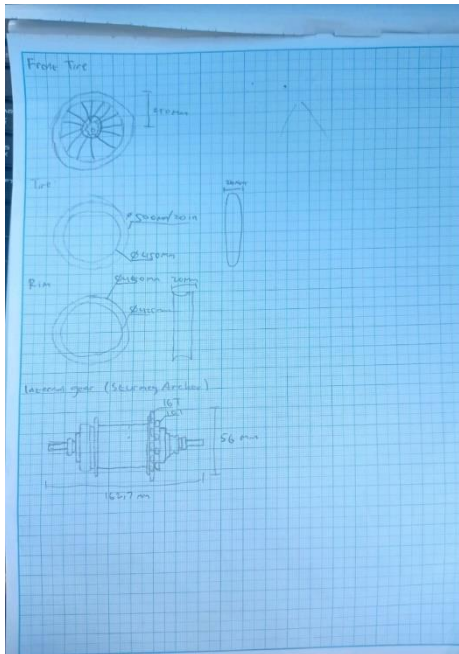
3.4.1.1 Sketsa Desain

Sketsa desain ini bertujuan untuk menentukan objek yang digambar sebelum di implementasikan ke solidworks. Berikut adalah desain yang telah dibuat di milimeter block:



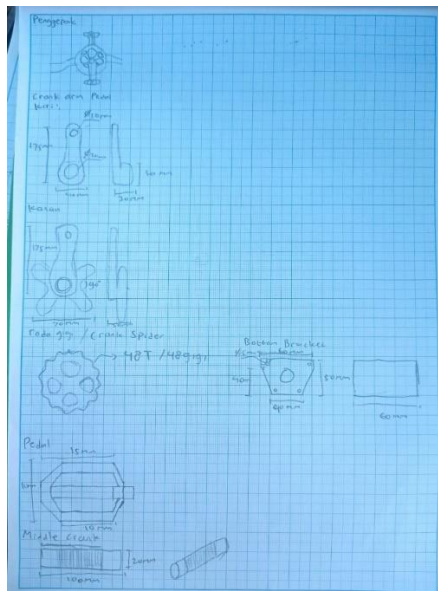
Gambar 3-2 Sketsa desain *Head Halfbike*

Berdasarkan Gambar 3-2 menunjukkan bahwa terdapat bagian komponen *head halfbike* yang terdiri dari *hand grip*, *handle bar*, dan *brake lever* yang memiliki ukuran dimensi di tiap komponen.



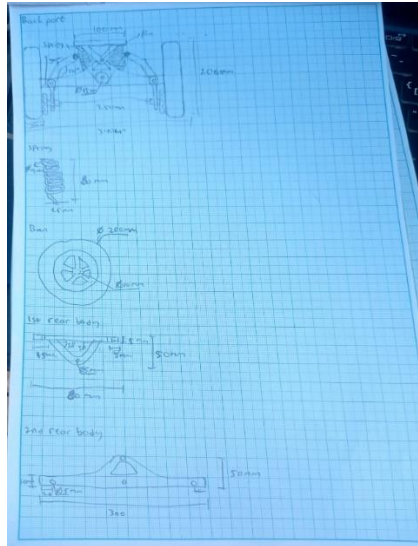
Gambar 3-3 Sketsa desain *Front Rim Half bike*

Berdasarkan Gambar 3-3 menunjukkan bahwa terdapat bagian komponen roda bagian depan *halfbike* yang terdiri dari *rim*, *ban karet*, dan *Sturmev Archer* yang memiliki ukuran dimensi di tiap komponen.



Gambar 3-4 Sketsa desain *Middle Pedal Half bike*

Berdasarkan Gambar 3-4 menunjukkan bahwa terdapat bagian komponen pedal *halfbike* yang terdiri dari *Left crank arm*, *right crank arm*, *middle arm*, roda gigi, dan *pedal* yang memiliki ukuran dimensi di tiap komponen.



Gambar 3-5 Sketsa desain *Rear Body Half bike*

Berdasarkan Gambar 3-5 menunjukkan bahwa terdapat bagian komponen *rear body halfbike* yang terdiri dari *rear frame*, *rear wheel*, dan *spring* yang memiliki ukuran dimensi di tiap komponen.

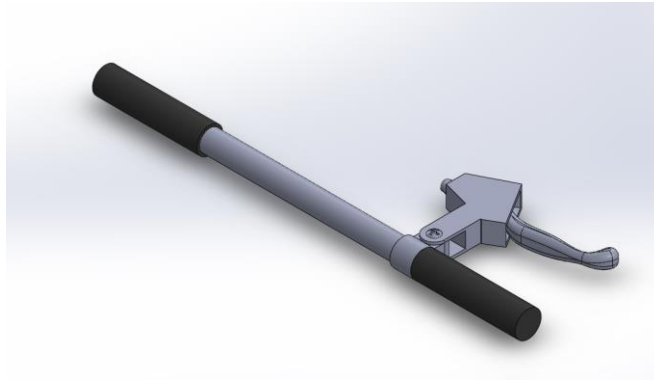
3.4.1.2 Desain pada *software*

Software CAD yang digunakan untuk membuat desain *half bike* adalah SOLIDWORKS 2018. Desain yang dibuat sebelum akan di implementasikan ke *software* CAD. Desain ini terbagi menjadi berbagai macam, yaitu *assembly* dari berbagai *part* dan *assembly* yang telah dijadikan sebagai produk jadi.

Berikut adalah konsep desain *assembly* yang terpisah menjadi beberapa bagian:

A. *Head parts*

Bagian *head* tersebut terdapat beberapa bagian yang telah terpasang, seperti *hand grip*, *handle bar*, dan *rem*. *Handle bar* memiliki panjang sebesar 350 mm dengan diameter 20 mm. Lalu *hand grip* memiliki panjang 100 mm dengan diameter 25 mm dengan lubang diameter sebesar 20 mm. Serta dengan *handle brake* yang telah tersedia dari toko sepeda. Berikut adalah model *head parts* yang dibuat berdasarkan Gambar 3.6



Gambar 3-6 *Head Halfbike*

B. Wheel

Bagian roda tersebut memiliki diameter sebesar 500 mm dengan bermaterial karet. Sedangkan rim yang digunakan sebesar ± 475 mm dengan berbahan dasar seng. Penggunaan gear yang digunakan adalah 3 gear dari Sturmey Archer.

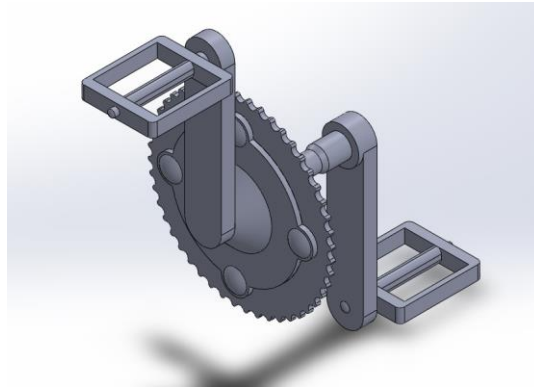


Gambar 3-7 *Front Rim Halfbike*

C. Middle part

Bagian tengah atau bagian penggerak tersebut terdiri dari beberapa macam *part*, diantaranya adalah *pedal*, roda gigi, *left-right crack arm*, dan *middle arm*. Untuk ukuran roda gigi yang dipakai adalah menggunakan roda gigi 48T yang artinya 48 *teeth* yang dimana ukuran tersebut termasuk ukuran kecil yang dipakai untuk sepeda santai. Lalu panjang lengan pedal yang digunakan sepanjang 170mm

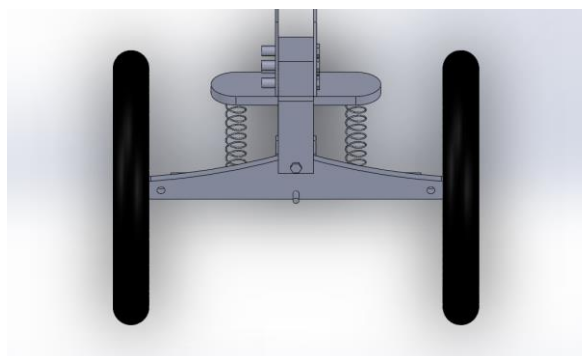
dimana panjang tersebut termasuk normal atau pedal yang sering digunakan tiap jenis sepeda dewasa.



Gambar 3-8 *Pedal Halfbike*

D. Rear body

Bagian belakang atau *rear body* tersebut memiliki bentuk *body* yang kompleks dikarenakan membutuhkan beberapa komponen agar dapat berotasi dan mendapat pegas untuk menahan beban dari sepeda itu sendiri. Komponen yang terdapat pada *rear body* tersebut diantaranya ban kecil, *spring* atau pegas, batang rem belakang, penghubung kawat rem, dan penyambung antar *body*.



Gambar 3-9 *Rear body Halfbike*

E. Upper frame

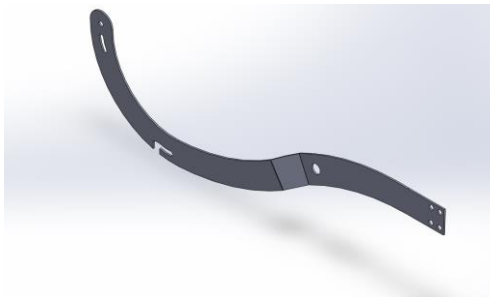
Bagian *upper frame* ini merupakan bagian depan yang digunakan untuk menghubungkan antara *head part* dengan *lower frame*. Selain itu, bagian tersebut akan dibuat statis pada posisi belok, sehingga dibutuhkan *frame* yang mampu menahan beban dari adanya gesekan pada gaya yang diterima.



Gambar 3-10 *Upper Frame*

F. Lower frame

Lower frame ini merupakan bagian bawah yang memiliki beberapa titik tumpuan, yaitu pada penyambung *upper frame*, roda, pedal, dan *rear body*. *Lower frame* ini memiliki berat yang lebih dominan karena bagian ini menerima beban utama.



Gambar 3-11 *Lower frame*

G. Assembly

Assembly ini merupakan gabungan dari beberapa komponen yang ada menjadi satu produk. *Assembly* tersebut memiliki dimensi yang sama pada identifikasi dimensi produk *halfbike* yang telah ditentukan secara umum, yaitu panjang sebesar 1000 mm, lebar sebesar 340 mm, dan tinggi sebesar 1100 mm.



Gambar 3-12 *Assembly Halfbike*

3.5 Kriteria Desain

Kriteria desain merupakan kriteria yang harus ada pada desain yang dibuat. Kriteria ini mencakup poin keuntungan dalam sebuah produk. Kriteria desain dibagi menjadi dua jenis, yaitu kriteria *must* dan kriteria *want*:

3.5.1 Kriteria Must

1. Mampu menahan gaya pada saat belok

Pada di kriteria ini, ketiga alternatif tersebut mampu menahan gaya yang diterima dari gerakan pengguna, baik dari gaya dorong maupun gaya gesek.

2. Nyaman digunakan

Pada di kriteria nyaman ini, keempat alternatif tersebut memiliki kriteria yang bisa membuat pengguna merasa nyaman dari part yang telah diubah, seperti lebar pada *handle* ditambah.

3. Tahan Karat/Keropos

Pada di kriteria tahan karat/keropos ini, keempat alternatif memiliki daya tahan yang lebih besar dari beberapa kondisi tertentu.

3.5.2 Kriteria Want

1. Proses produksi yang mudah

Pada di kriteria ini, proses produksi yang diinginkan oleh pembuat tidak memiliki tingkat kesulitan yang tinggi dari segi pembuatan, hingga detail.

2. Range < 2 jt

Pada di kriteria range harga ini, keinginan untuk biaya yang dibutuhkan harus kurang dari 2 jt. Dalam kriteria ini, target tersebut tetap harus mendapatkan material yang berkualitas, namun dibawah 2 jt.

3. Berat < 5 kg

Pada kriteria ini, ketiga alternatif tersebut memiliki berat yang tidak melebihi 5 kg agar pada saat memakai halfbike tersebut, *upper frame* tidak terasa berat saat dibelok.

3.6 Perancangan model alternatif

Perancangan tersebut dirancang menjadi 4 rancangan untuk menentukan salah satu rancangan yang akan digunakan sebagai alternatif, lalu dibandingkan dengan produk asli. Berikut rancangan alternatif yang telah dibuat.

Produk alternatif 1:

Ide Produk (*Upper Frame*)

Ide produk pada produk *upper* tersebut dengan menggunakan basis kayu yang telah bentuk sesuai dengan *upper frame* yang dibentuk dari produk jadi.



Gambar 3-13 Produk kemudi alternatif 1

Produk alternatif 2:

Ide Produk (*Upper Frame*)

Ide produk pada produk *upper* tersebut adalah dengan menggunakan besi pipa pada handle bar, lalu pada *upper frame* diberi besi plat 6mm. Untuk desainnya dibuat *reverse* dari produk utama, namun perbedaannya pada handlenya berada di dalam antara 2 *upper frame* dengan menggunakan *handle disk* sebagai penyangga dari *upper frame*.



Gambar 3-14 Produk kemudi alternatif 2

Produk alternatif 3:

Ide Produk (*Upper Frame*)

Ide produk pada produk *upper* tersebut adalah dengan menggunakan besi jenis plat dengan ketebalan 6mm, lalu bentuk pada *upper frame* yang lain adalah dengan menggunakan besi hollow dengan ketebalan sekitar 2-3 mm dengan dibentuk balok dengan setengah lingkaran. Selain itu, *handle bar* yang akan digunakan adalah *handle bar* yang dipakai pada umumnya di *mountain bike*.



Gambar 3-15 Produk kemudi alternatif 3

Produk alternatif 4

Ide produk (*Upper Frame*):

Pada alternatif ini memiliki bentuk dan fungsi yang hampir sama dengan alternatif 3, namun perbedaannya pada bentuk dari *upper frame* yaitu dengan menggunakan pipa galvanis untuk menahan *handle bar*.




Gambar 3-16 Produk kemudi alternatif 4

3.7 Penentuan kriteria desain produk alternatif

Kriteria desain dari produk alternatif harus menyesuaikan dengan kriteria yang ada pada kriteria dari desain produk asli, salah duanya adalah pada *range* harga dan *range* berat. Berikut adalah data tabel mengenai *range* harga dan berat berdasarkan tabel 3-3:

Tabel 3-3 Kriteria desain *range* harga dan berat produk alternatif

No	Produk Alternatif	Jenis Kriteria Desain <i>Want</i>	
		<i>Range</i> Harga	<i>Range</i> Berat
1		Material: - Kayu jati (1,5m x 15 cm) 2,5 Jt	$\pm 10\text{kg}$
2		Material: - Besi plat 5mm 170 ribu	$\pm 4\text{kg}$
3		Material: - Besi plat 5mm 170 ribu	$\pm 6\text{kg}$
4		Material): - Besi plat 5mm 170 ribu - Pipa galvanis 1,2mm 50 ribu	$\pm 7\text{kg}$

Kriteria desain yang telah dibuat memiliki masing-masing bobot yang berbeda. Berikut adalah bobot yang dibuat berdasarkan Tabel 3-3:

Tabel 3-4 Kriteria Desain dari Produk Alternatif

No	Kriteria Desain	Desain Alternatif			
		Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
<i>Kriteria Must</i>					
1	Menahan gaya	Y	YY	YY	N
2	Nyaman	Y	Y	Y	Y
3	Tahan karat/keropos	Y	Y	Y	Y
<i>Kriteria Want</i>					
1	Proses Produksi Mudah	Y	Y	N	Y
2	Range < 2 jt	N	Y	Y	Y
3	Berat < 5 kg	N	Y	N	N

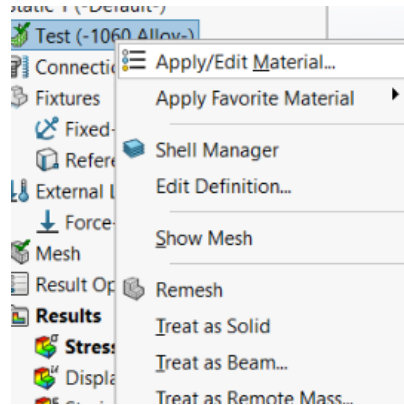
Berdasarkan tabel yang dibuat, keempat model alternatif tersebut memiliki hasil kriteria desain yang berbeda dari segi nilai. Pada keempat model tersebut, desain alternatif 2 memiliki kriteria desain yang menyamai kriteria pada produk asli.

3.8 *Create and Run Mesh*

Pada tahap ini, produk akan diuji tegangan yang didapatkan dengan melakukan simulasi tegangan melalui SOLIDWORKS 2019. Analisis ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Berikut adalah tahapan pengujian tekanan:

1. *Apply Material*

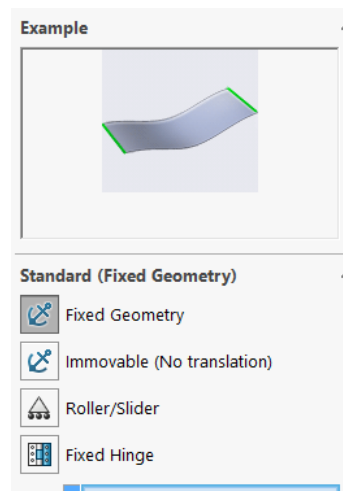
Tahap pertama ini dilakukan dengan memberikan jenis material yang akan dipilih sebelum melakukan analisis tegangan dengan bertujuan untuk menentukan elemen yang akan dihitung seperti modulus elastisitas dan lain-lain.



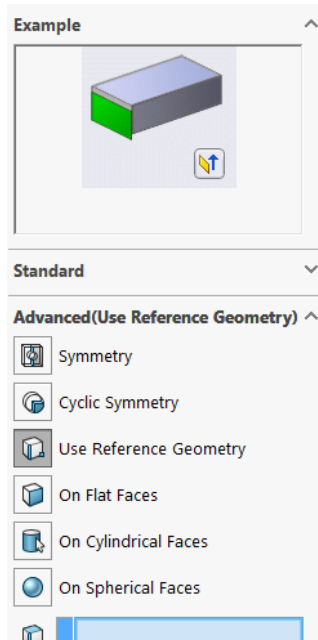
Gambar 3-17 Pilihan Material

2. *Fixed Geometry & Reference*

Tahap kedua yaitu menentukan *fix geometry* atau bagian yang akan melawan gaya pada *halfbike* tersebut, termasuk pada bagian *frame*. Lalu melakukan referensi geometri untuk menganalisis gesekan secara rotasi pada *frame*.



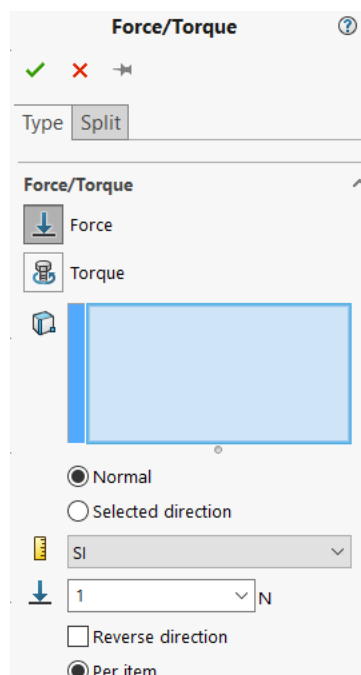
Gambar 3-18 *Fixed geometry*



Gambar 3-19 Reference Geometry

3. External Loads

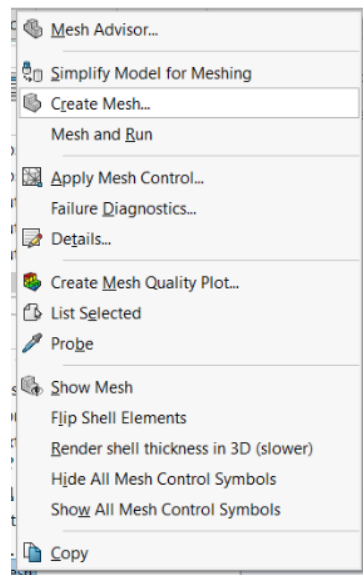
Tahap ketiga ini akan diuji dengan memberikan beban yang dipilih pada *frame*. Tipe yang dipilih adalah Gaya (*Force*) dengan total gaya yang diinput adalah 980 N dengan pilihan *total* karena gaya yang dimasukkan akan berpengaruh pada kedua *lower frame*.



Gambar 3-20 Pemasukan Gaya

4. *Create Mesh*

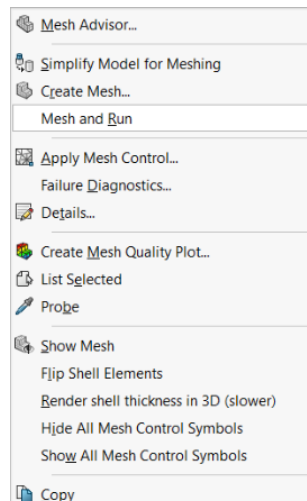
Tahap ini merupakan tahap keempat yang dilakukan untuk membuat *mesh* pada *frame* dengan bertujuan agar simulasi ini dapat dijalankan. Untuk *mesh* harus pastikan ada beberapa komponen sepeda yang harus dihapus karena akan digantikan dengan *fixed geometry* dan *geometry references*.



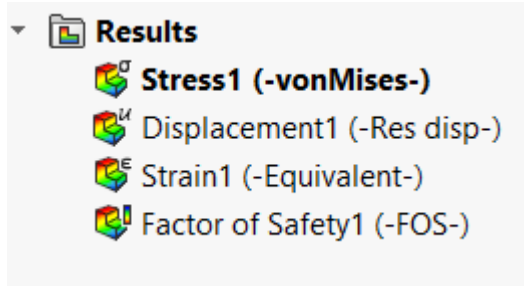
Gambar 3-21 Membuat *mesh*

5. *Mesh and Run*

Tahap terakhir ini dilakukan pada saat semua parameter sudah terpenuhi. Hasil dari simulasi ini berupa *stress*, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety*.



Gambar 3-22 Menjalankan *mesh*



Gambar 3-23 Hasil *mesh*

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Validasi Data

Hasil validasi data ini bertujuan untuk membandingkan hasil yang didapat antara perhitungan secara manual atau dengan menggunakan SOLIDWORKS 2018. Untuk melakukan validasi data tersebut, maka pengujian ini hanya dilakukan dengan menggunakan 1 *upper frame* saja dikarenakan *upper frame* tersebut akan berpengaruh pada lower frame kedua. Validasi yang dihasilkan berupa nilai *safety factor*.

4.1.1 Hasil Perhitungan Manual

Hasil perhitungan manual tersebut meliputi rumus yang dibuat dari perhitungan yang digunakan, seperti rumus tekanan untuk memasukan input *pressure* pada Solidworks, tegangan tekan dan gesek, dan *safety factor*. Berikut adalah perhitungan pada kedua kemudi tersebut:

Perhitungan Manual Produk Kemudi Asli

Berikut adalah hasil perhitungan tekanan maksimal, tegangan dan *safety factor* dengan menggunakan perhitungan manual:

1. Tabel Percobaan Halfbike dengan pengujian kecepatan

Tabel 4-1 Tabel hasil pengujian kecepatan dan percepatan pada produk kemudi asli

Percobaan Ke-	Jarak			Waktu			Kecepatan			Percepatan
	S0	S1	S2	t0	t1	t2	v0	v1	v2	
1	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,41666667
2	0	5	10	0	4	5	0	1,25	5	3,75
3	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,41666667
4	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,41666667
5	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,41666667
6	0	5	10	0	2	4	0	2,5	2,5	0
7	0	5	10	0	2	5	0	2,5	1,67	-0,2777778
8	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,41666667
9	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,41666667
10	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,41666667
Nilai Terbesar									v Max	2,5
									α Max	3,75

Berdasarkan tabel 4.1 yang telah dibuat, nilai kecepatan maksimal yang diperoleh sebesar 2,5 m/s, sedangkan nilai percepatan maksimal yang diperoleh dari tabel tersebut adalah 3,75 m/s². Nilai tersebut akan dimasukkan ke dalam perhitungan.

Rumus yang digunakan:

a. Kecepatan

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (4.1)$$

Pada rumus kecepatan (v) ini memiliki rumus Δs dibagi Δt, dimana Δs merupakan perubahan jarak akhir dikurangi jarak awal dengan satuan meter (m) dan Δt merupakan perubahan waktu akhir dikurangi waktu awal dengan satuan sekon (s)

b. Percepatan

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (4.2)$$

Pada rumus percepatan (a) ini memiliki rumus Δv dibagi Δt, dimana Δs merupakan perubahan kecepatan akhir dikurangi kecepatan awal dengan satuan

meter per sekon (m/s) dan Δt merupakan perubahan waktu akhir dikurangi waktu awal dengan satuan sekon (s)

Beban Terpusat Upper Frame

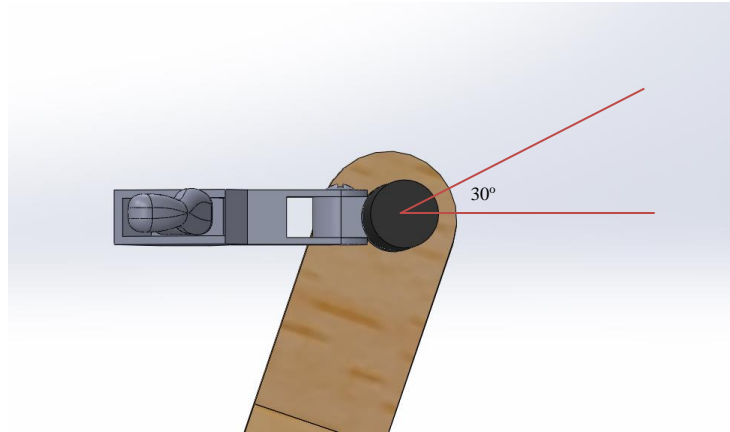
Asumsi:

Massa manusia = 87 kg

$a_{\max} = 3,75 \text{ m/s}^2$

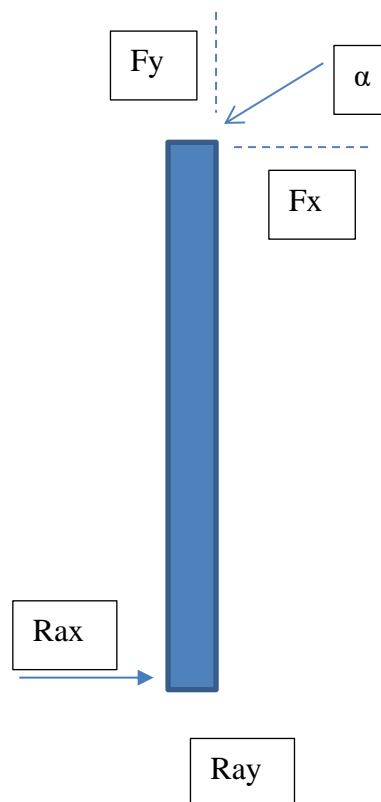
$F_{\text{dorong}} = 326,25 \text{ N}$

Sudut: 30°



Gambar 4-1 Sudut posisi tangan manusia

DBB:



Gambar 4-2 Diagram benda bebas kemudi asli

Sudut yang digunakan adalah 30° seperti pada gambar 4.1 dari arah horizontal 180° . Sudut tersebut akan digunakan untuk mencari nilai beban terpusat pada gaya arah x dan y. Berikut adalah perhitungan beban terpusat pada gaya arah x dan y.

F_x

$$F_x = F \cos x^\circ \quad (4.3)$$

$$F_x = 326,25 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4.4)$$

$$F_x = 282,54 \quad (4.5)$$

Dari perhitungan F_x tersebut menghasilkan nilai 282,54 N dari perhitungan gaya dorong dikalikan dengan nilai $\cos x^\circ$.

F_y

$$F_y = F \sin x^\circ \quad (4.6)$$

$$F_y = 326,25 \times \frac{1}{2} \quad (4.7)$$

$$F_y = 163,125 \quad (4.8)$$

Dari perhitungan F_y tersebut menghasilkan nilai 163,125 N dari perhitungan gaya dorong dikalikan dengan nilai $\sin x^\circ$.

$\sum F_x$

$$\sum F_x = 0 \quad (4.9)$$

$$R_{ax} - F_x = 0 \quad (4.10)$$

$$R_{ax} - 282,54 = 0 \quad (4.11)$$

$$R_{ax} = 282,54 \quad (4.12)$$

Dari perhitungan $\sum F_x$ tersebut menghasilkan nilai R_{ax} dengan nilai sebesar 282,54 N dari perhitungan gaya dorong yang dipindahkan ke hasil perhitungan.

$\sum F_y$

$$\sum F_y = 0 \quad (4.13)$$

$$R_{ax} - F_y = 0 \quad (4.14)$$

$$R_{ay} - 163,125 = 0 \quad (4.15)$$

$$R_{ay} = 163,125 \quad (4.16)$$

Dari perhitungan $\sum F_y$ tersebut menghasilkan nilai R_{ay} dengan nilai sebesar 163,125 N dari perhitungan gaya dorong yang dipindahkan ke hasil perhitungan.

$$\sum M_a$$

$$\sum M_a = F_y \times l \quad (4.17)$$

$$\sum M_a = 163,125 \times 522,68 \quad (4.18)$$

$$\sum M_a = 85260 \quad (4.19)$$

Dari perhitungan $\sum M_a$ atau momen tersebut menghasilkan nilai momen sebesar 85.260 dari hasil perhitungan gaya dorong yang dikalikan dengan panjang pada produk.

Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.20)$$

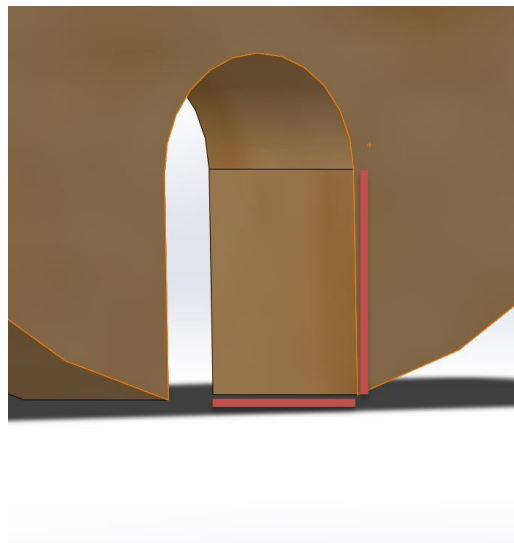
$$\sigma = \frac{326,25}{0,0149628} \quad (4.21)$$

$$\sigma = 0,021 \text{ N/mm}^2 \quad (4.22)$$

Dari perhitungan tegangan tersebut menghasilkan nilai tegangan sebesar $0,021 \text{ N/mm}^2$ dari hasil perhitungan gaya dorong yang dibagikan dengan luas permukaan pada area kritis seperti area pada *handle grip*.

Luas Permukaan area kritis

Tegangan tekan



Gambar 4-3 Luas area kritis tegangan tekan produk asli

$$A = L \cdot \blacksquare \quad (4.23)$$

$$A = p \times l \quad (4.24)$$

$$A = 10 \times 15 \quad (4.25)$$

$$A = 150 \text{ mm} \quad (4.26)$$

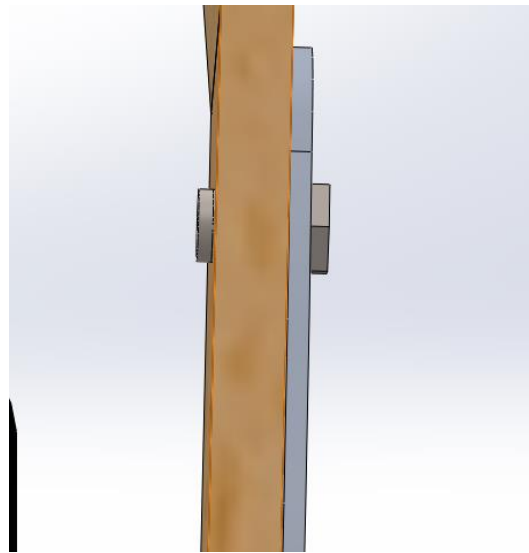
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.27)$$

$$\sigma = \frac{326,25}{150} \quad (4.28)$$

$$\sigma = 2,175 \text{ N/mm}^2 \quad (4.29)$$

Berdasarkan luas permukaan pada Gambar 4.2, dapat diketahui hasil nilai luas permukaan sebesar 150 mm dari hasil perhitungan panjang dikali lebar pada area kritis. Lalu pada nilai tegangan tekan didapatkan sebesar 2,175 N/mm² dari hasil perhitungan gaya dorong yang dibagi dengan luas permukaan pada area kritis.

Tegangan gesek



Gambar 4-4 Luas area kritis tekanan geser frame

$$A = LO \quad (4.30)$$

$$A = 3,14 \times 5 \times 5 \quad (4.31)$$

$$A = 78,5 \quad (4.32)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.34)$$

$$\sigma = \frac{326,25}{78,5} \quad (4.35)$$

$$\sigma = 4,156 \text{ N/mm}^2 \quad (4.36)$$

Berdasarkan luas permukaan pada Gambar 4.3, dapat diketahui hasil nilai luas permukaan sebesar 422,5 mm dari hasil perhitungan panjang dikali lebar pada area kritis. Lalu pada nilai tegangan gesek didapatkan sebesar 0,77 N/mm² dari hasil perhitungan gaya dorong yang dibagikan dengan luas permukaan pada area kritis.

Safety Factor

$$SF = \frac{Strength}{Stress} \quad (4.37)$$

$$SF = \frac{19,9}{2,175} \quad (4.38)$$

$$SF = 9,149 \quad (4.39)$$

Dari perhitungan *safety factor* tersebut menghasilkan nilai sebesar 9,149 dari hasil perhitungan nilai kekuatan pada material dibagi dengan tegangan yang dihasilkan.

Perhitungan Manual Produk Kemudi Alternatif

Berikut adalah hasil perhitungan tekanan maksimal, tegangan dan *safety factor* dengan menggunakan perhitungan manual:

Tabel Percobaan Halfbike dengan pengujian kecepatan

Tabel 4-2 Tabel hasil pengujian kecepatan dan percepatan pada produk kemudi alternatif

Percobaan Ke-	Jarak (m)			Waktu (s)			Kecepatan (m/s)			(m/s ²)
	S0	S1	S2	t0	t1	t2	v0	v1	v2	
1	0	5	10	0	3	6	0	1,67	1,667	0
2	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,416667
3	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,416667
4	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,416667
5	0	5	10	0	3	6	0	1,67	1,667	0
6	0	5	10	0	3	6	0	1,67	1,667	0
7	0	5	10	0	3	6	0	1,67	1,667	0
8	0	5	10	0	2	5	0	2,5	1,667	-0,27778
9	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,416667
10	0	5	10	0	3	5	0	1,67	2,5	0,416667
Nilai Terbesar									v Max	2,5
									α Max	0,416667

Berdasarkan tabel 4.2 yang telah dibuat, nilai kecepatan maksimal yang diperoleh sebesar 2,5 m/s, sedangkan nilai percepatan maksimal yang diperoleh dari tabel tersebut adalah 0,427 m/s². Namun karena percepatan maksimal yang didapatkan lebih kecil dari pada nilai percepatan maksimal pada produk asli, nilai percepatan maksimal akan diambil dari pengujian produk asli. Setelah itu, nilai tersebut akan dimasukkan ke dalam perhitungan.

Beban Terpusat Upper Frame

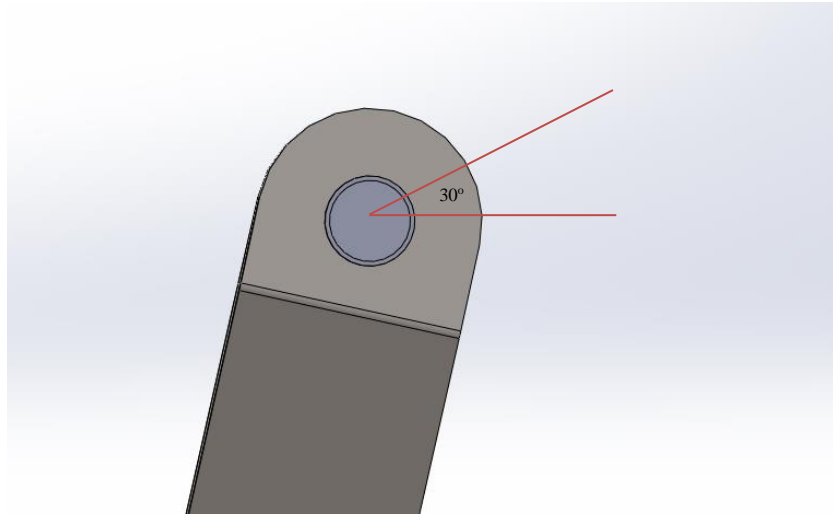
Asumsi

Massa manusia = 87 kg

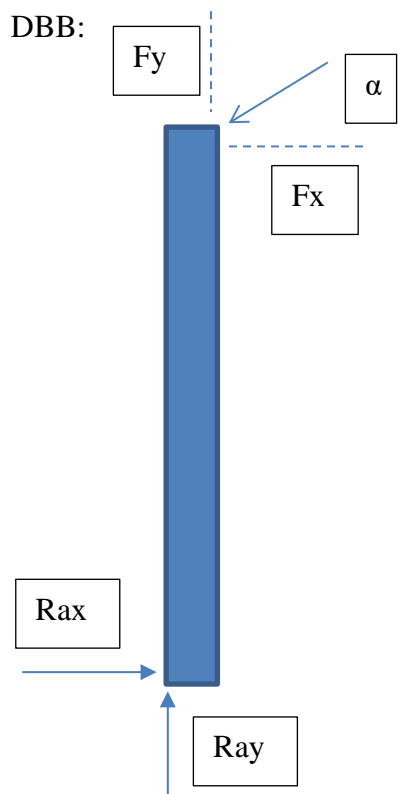
$a_{\max} = 3,75 \text{ m/s}^2$

$F_{\text{dorong}} = 326,25 \text{ N}$

Sudut: 30°



Gambar 4-5 Sudut posisi tangan manusia



Gambar 4-6 Diagram benda bebas kemudi alternatif

Sudut yang digunakan adalah 30° seperti pada gambar 4.1 dari arah horizontal 180° . Sudut tersebut akan digunakan untuk mencari nilai beban terpusat pada gaya arah x dan y. Berikut adalah perhitungan beban terpusat pada gaya arah x dan y.

F_x

$$F_x = F \cos x^\circ \quad (4.40)$$

$$F_x = 326,25 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \quad (4.41)$$

$$F_x = 282,54 \quad (4.42)$$

Dari perhitungan F_x tersebut menghasilkan nilai 282,54 N dari perhitungan gaya dorong dikalikan dengan nilai $\cos x^\circ$.

F_y

$$F_y = F \sin x^\circ \quad (4.43)$$

$$F_y = 326,25 \times \frac{1}{2} \quad (4.44)$$

$$F_y = 163,25 \quad (4.45)$$

Dari perhitungan F_y tersebut menghasilkan nilai 163,125 N dari perhitungan gaya dorong dikalikan dengan nilai $\sin x^\circ$.

$\sum F_x$

$$\sum F_x = 0 \quad (4.46)$$

$$R_{ax} - F_x = 0 \quad (4.47)$$

$$R_{ax} - 282,54 = 0 \quad (4.48)$$

$$R_{ax} = 282,54 \quad (4.49)$$

Dari perhitungan $\sum F_x$ tersebut menghasilkan nilai R_{ax} dengan nilai sebesar 282,54 N dari perhitungan gaya dorong yang dipindahkan ke hasil perhitungan.

$\sum F_y$

$$\sum F_y = 0 \quad (4.50)$$

$$R_{ay} - F_y = 0 \quad (4.51)$$

$$R_{ay} - 163,125 = 0 \quad (4.52)$$

$$R_{ay} = 163,125 \quad (4.53)$$

Dari perhitungan $\sum F_y$ tersebut menghasilkan nilai R_{ay} dengan nilai sebesar 163,125 N dari perhitungan gaya dorong yang dipindahkan ke hasil perhitungan.

$\sum M_a$

$$\sum M_a = F_y \times l \quad (4.54)$$

$$\sum M_a = 163,125 \times 522,68 \quad (4.55)$$

$$\sum M_a = 85260 \quad (4.56)$$

Dari perhitungan $\sum M_a$ atau momen tersebut menghasilkan nilai momen sebesar 85.260 dari hasil perhitungan gaya dorong yang dikalikan dengan panjang pada produk.

Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.57)$$

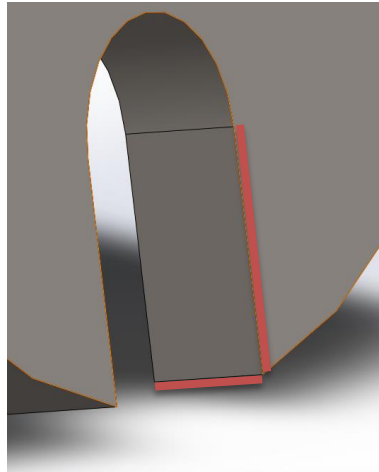
$$\sigma = \frac{326,25}{0,0976} \quad (4.58)$$

$$\sigma = 3,342 \text{ N/mm}^2 \quad (4.59)$$

Dari perhitungan tegangan tersebut menghasilkan nilai tegangan sebesar 3,342 N/mm² dari hasil perhitungan gaya dorong yang dibagi dengan luas permukaan pada area kritis seperti area pada *handle grip*.

Luas Permukaan area kritis

Tegangan tekan



Gambar 4-7 Luas area kritis tegangan tekan produk alternatif

$$A = L \cdot l \quad (4.60)$$

$$A = p \times l \quad (4.61)$$

$$A = 5 \times 9,45 \quad (4.62)$$

$$A = 47,45 \text{ mm} \quad (4.63)$$

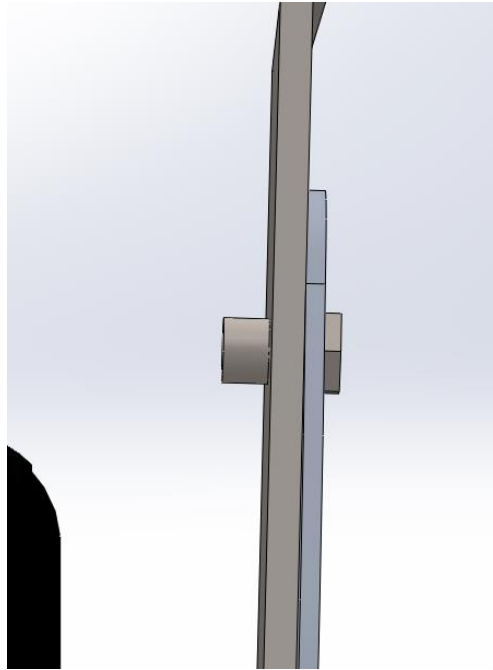
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.64)$$

$$\sigma = \frac{326,25}{47,45} \quad (4.65)$$

$$\sigma = 6,875 \text{ N/mm}^2 \quad (4.66)$$

Berdasarkan luas permukaan pada Gambar 4.5, dapat diketahui hasil nilai luas permukaan sebesar 47,45 mm dari hasil perhitungan panjang dikali lebar pada area kritis. Lalu pada nilai tegangan tekan didapatkan sebesar 6,875 N/mm² dari hasil perhitungan gaya dorong yang dibagi dengan luas permukaan pada area kritis.

Tegangan geser



Gambar 4-8 Luas area kritis tegangan geser produk alternatif

$$A = L \cdot O \quad (4.67)$$

$$A = 3,14 \times 5 \times 5 \quad (4.68)$$

$$A = 78,5 \quad (4.70)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.71)$$

$$\sigma = \frac{326,25}{78,5} \quad (4.72)$$

$$\sigma = 4,156 \text{ N/mm}^2 \quad (4.73)$$

Berdasarkan luas permukaan pada Gambar 4.6, dapat diketahui hasil nilai luas permukaan sebesar 422,5 mm dari hasil perhitungan panjang dikali lebar pada area kritis. Lalu pada nilai tegangan gesek didapatkan sebesar 0,77 N/mm² dari hasil perhitungan gaya dorong yang dibagi dengan luas permukaan pada area kritis.

Safety Factor

$$SF = \frac{Strength}{Stress} \quad (4.74)$$

$$SF = \frac{250}{6,875} \quad (4.75)$$

$$SF = 36,36 \quad (4.76)$$

Pada perhitungan *safety factor* tersebut menghasilkan nilai sebesar 36,36 dari hasil perhitungan nilai kekuatan pada material dibagi dengan tegangan yang dihasilkan.

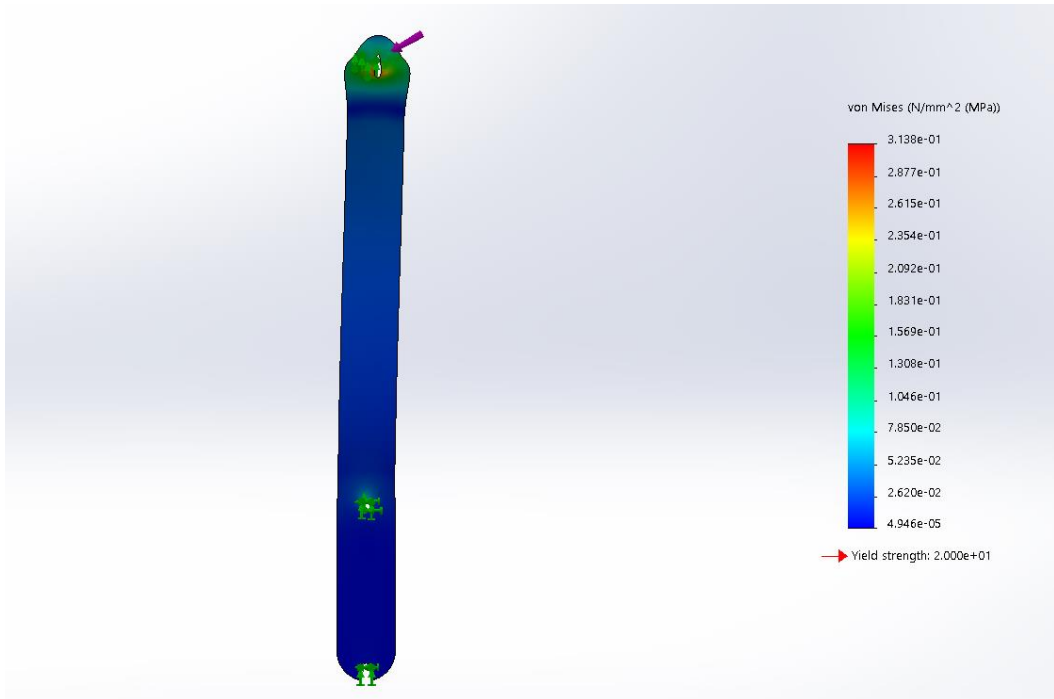
4.1.2 Hasil perhitungan CAE

Hasil perhitungan CAD tersebut menggunakan metode *finite element analysis*, dimana metode tersebut menghasilkan nilai *stress*, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety*. Berikut adalah hasil perhitungan pada kedua kemudi tersebut dengan menggunakan Solidworks:

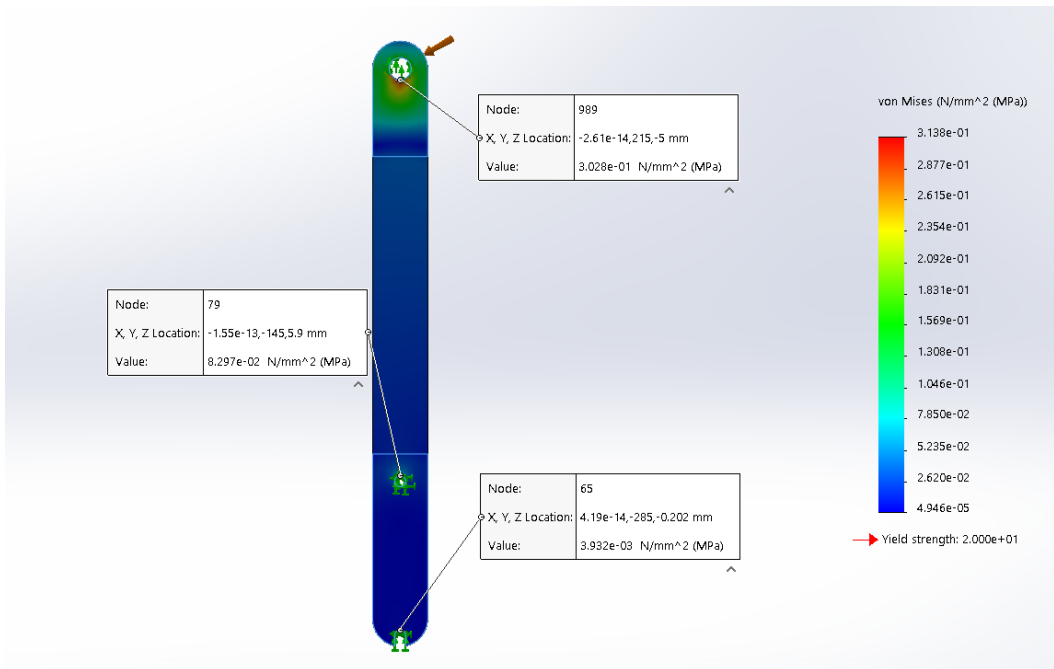
Perhitungan CAE Produk Kemudi Asli

Stress

Pada perhitungan *stress* tersebut, produk kemudi asli memiliki nilai *stress* terendah sebesar $4,946 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$, dan tertinggi sebesar $3,138 \times 10^{-1} \text{ N/m}^2$. Nilai tertinggi *stress* terdapat pada bagian poros *handle*. Hal ini dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros pedal. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *stress* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* berdasarkan Gambar 4.7 dan 4.8:



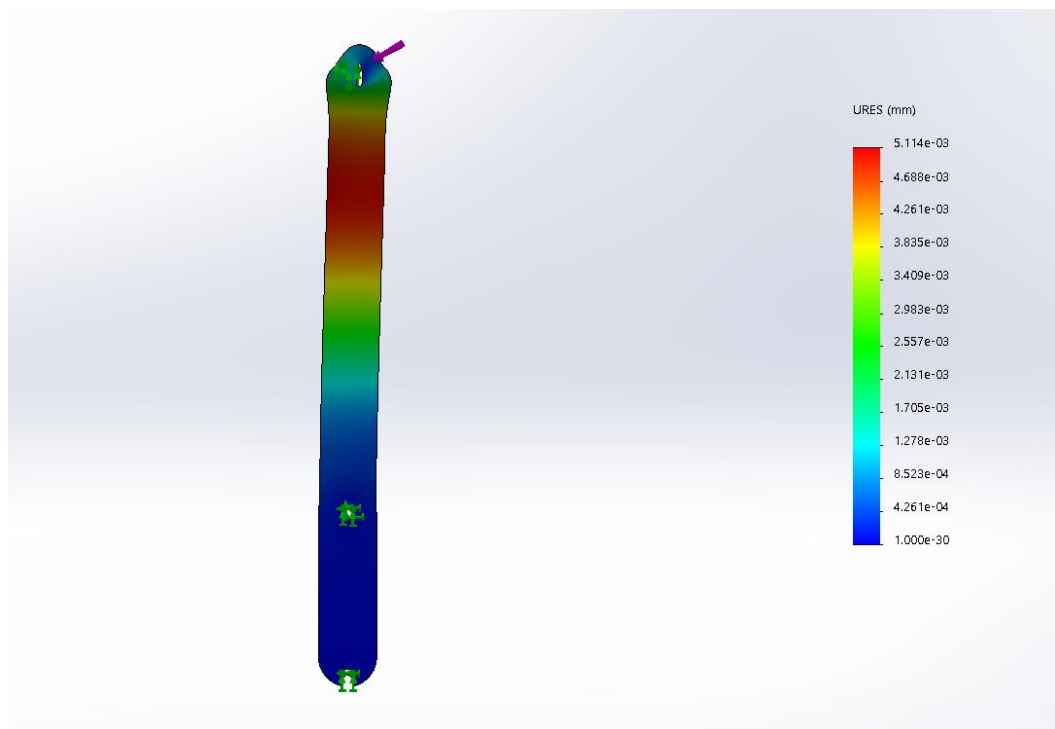
Gambar 4-9 Simulasi *stress* produk kemudi asli



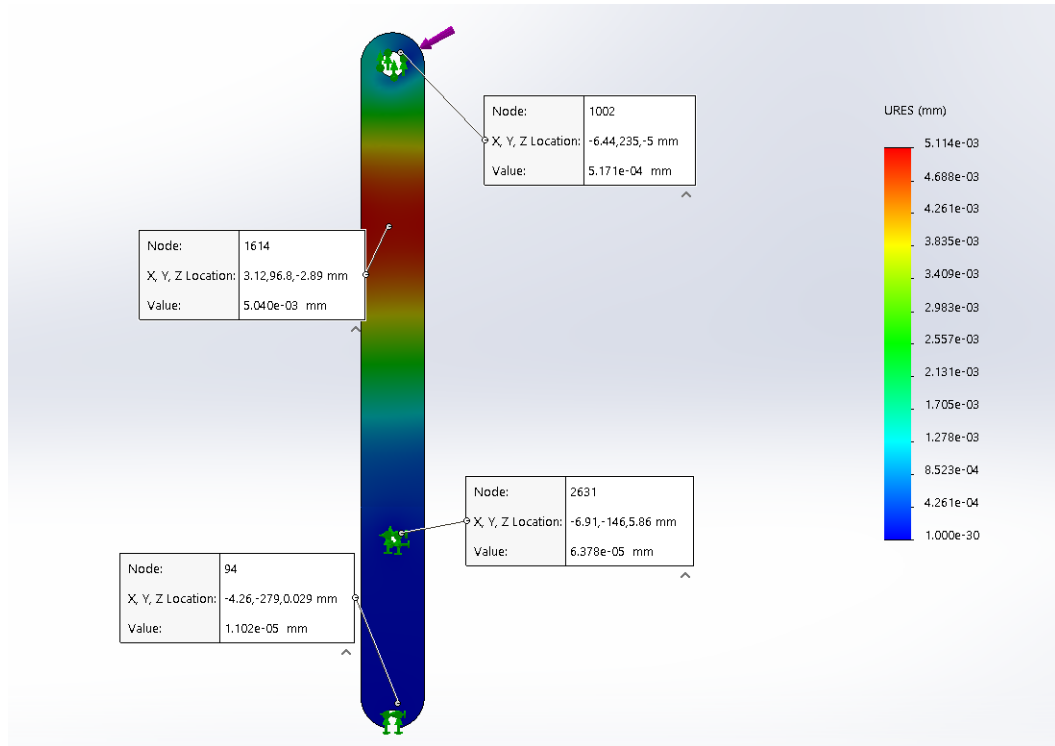
Gambar 4-10 Titik point dari simulasi *stress* produk kemudi asli

Displacement

Pada perhitungan *displacement* tersebut, produk kemudi asli memiliki nilai *displacement* terendah sebesar 10^{-30} mm, dan tertinggi sebesar $5,114 \times 10^{-3}$ mm. Nilai tertinggi *displacement* terdapat pada bagian diagonal *frame*. Hal ini dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros pedal. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *displacement* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* Gambar 4.9 dan 4.10:



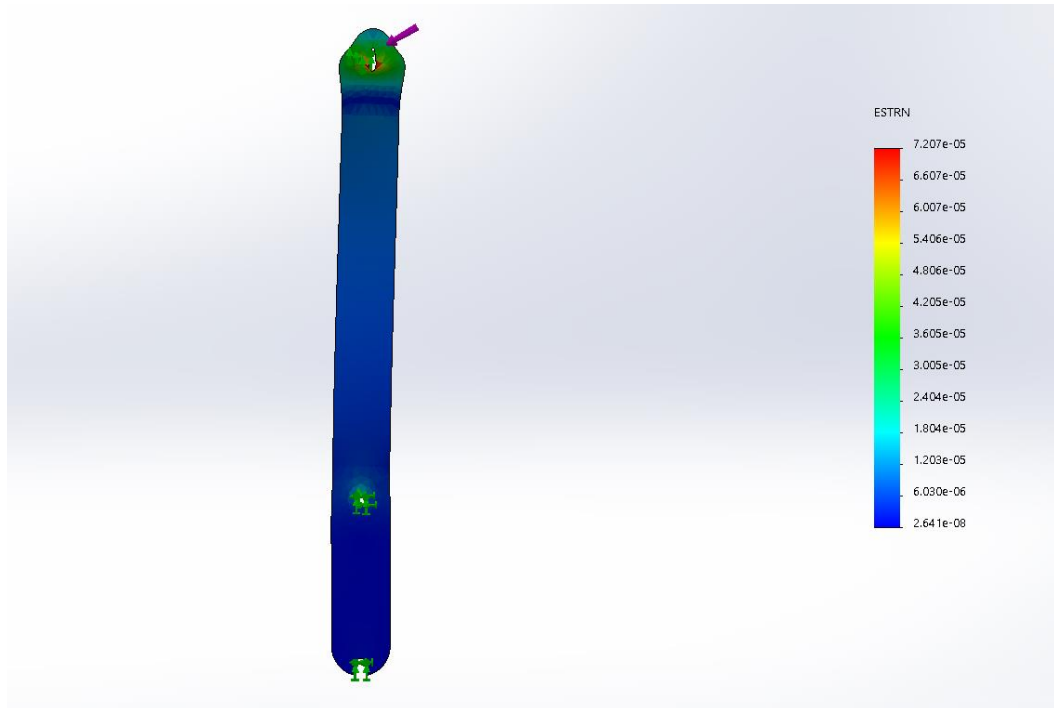
Gambar 4-11 Simulasi *displacement* produk kemudi asli



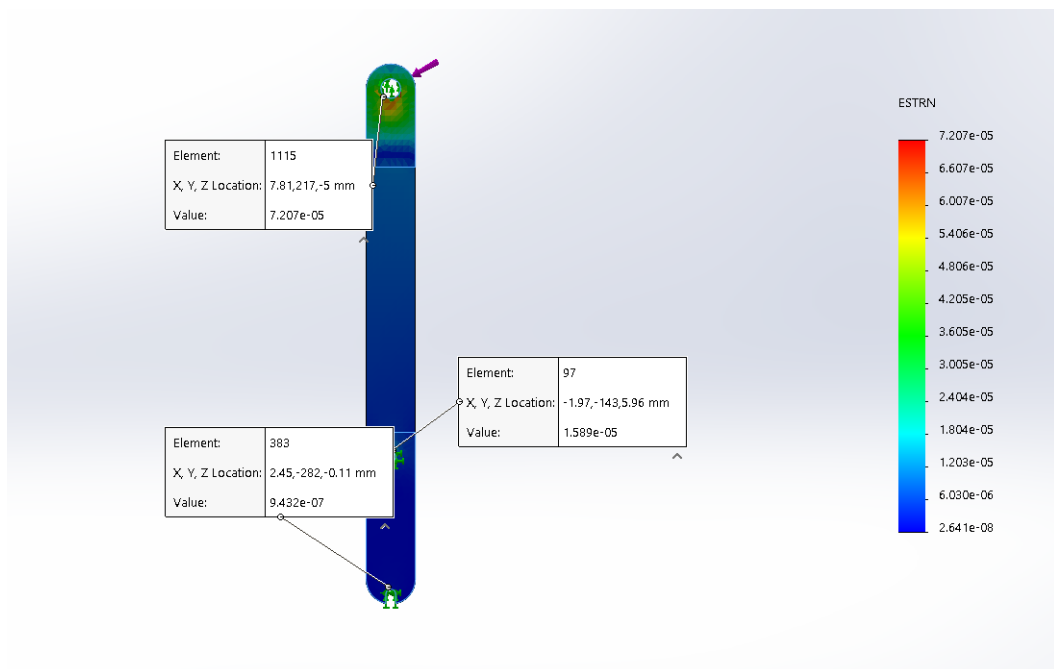
Gambar 4-12 Titik point dari simulasi *displacement* produk kemudi asli

Strain

Pada perhitungan *strain* tersebut, produk kemudi asli memiliki nilai *strain* terendah sebesar $2,614 \times 10^{-8}$, dan tertinggi sebesar $7,207 \times 10^{-5}$. Nilai tertinggi *strain* terdapat pada bagian poros *handle*. Hal ini dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros pedal. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *strain* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* berdasarkan Gambar 4.11 dan 4.12:



Gambar 4-13 Simulasi *strain* produk kemudi asli

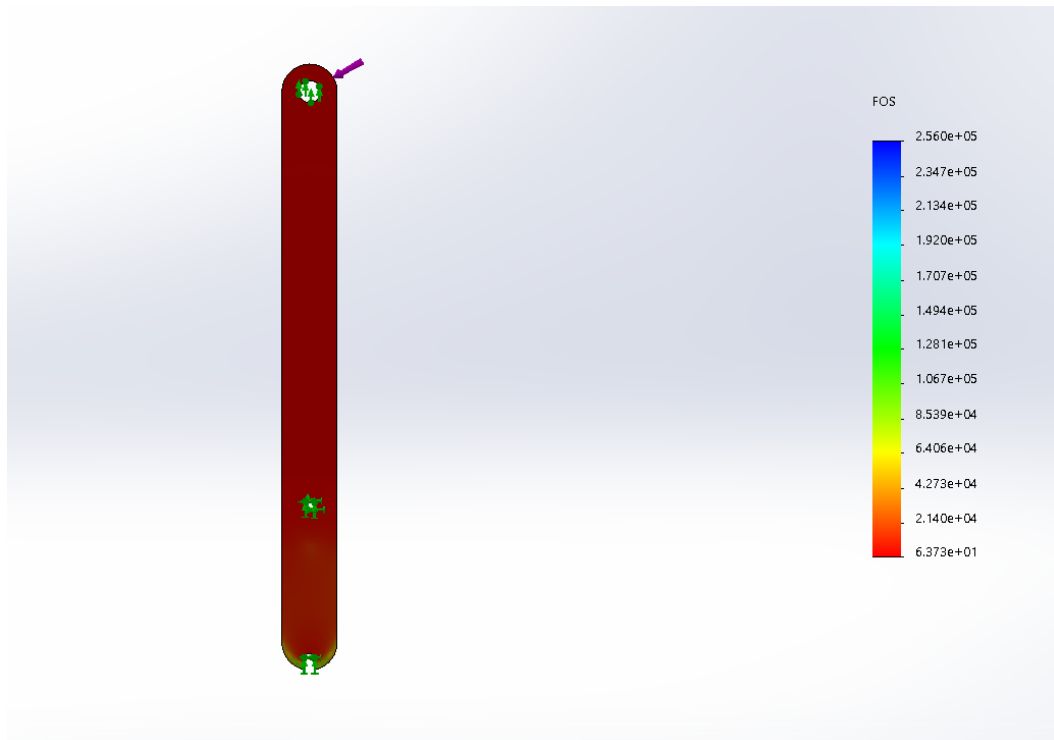


Gambar 4-14 Titik point dari simulasi *strain* produk kemudi asli

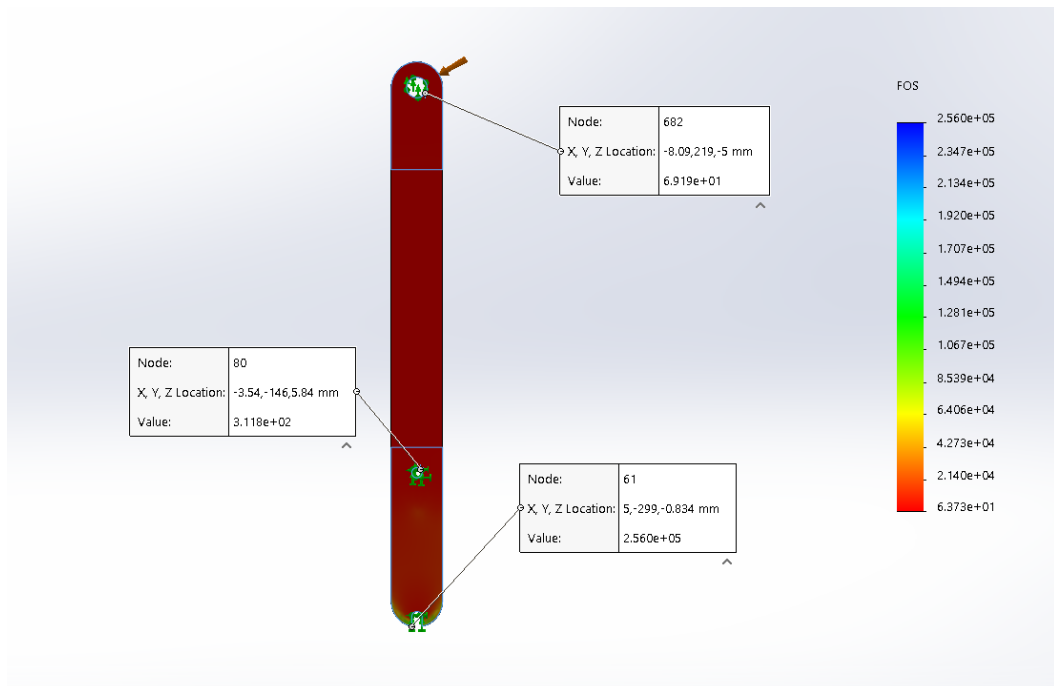
Factor of Safety

Pada perhitungan *factor of safety* tersebut, produk kemudi asli memiliki nilai *factor of safety* terendah sebesar 64, dan tertinggi sebesar $2,56 \times 10^5$. Nilai tertinggi *factor of safety* terdapat pada bagian ujung *frame slider*. Hal ini

dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros pedal. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *factor of safety* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* berdasarkan Gambar 4.13 dan 4.14:



Gambar 4-15 Simulasi *factor of safety* produk kemudi asli

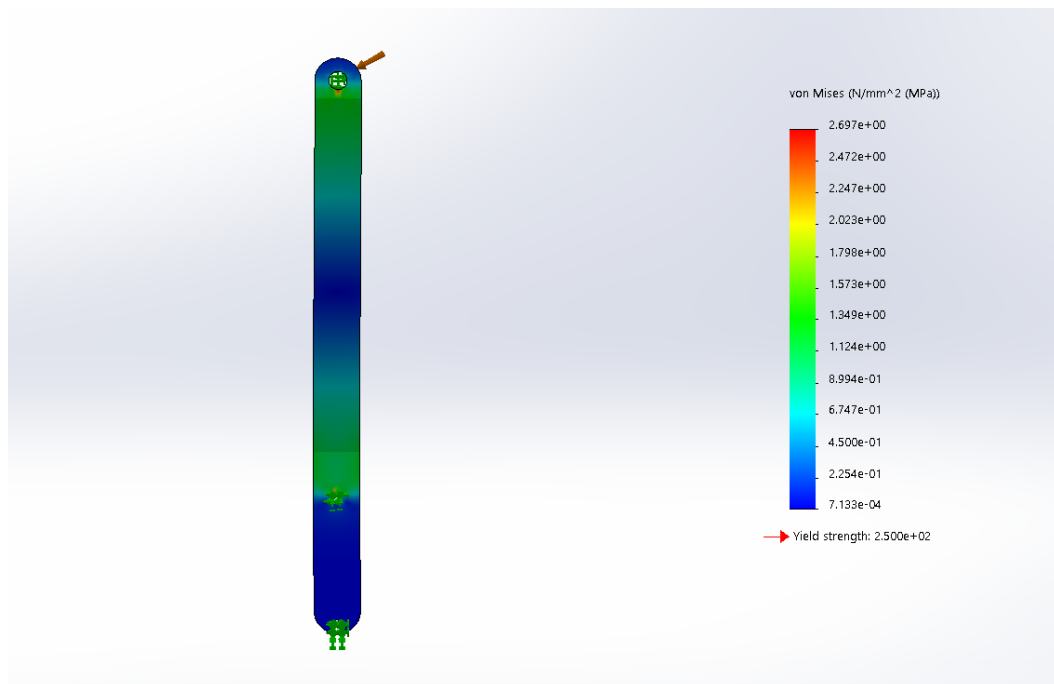


Gambar 4-16 Titik point dari simulasi *factor of safety* produk kemudi asli

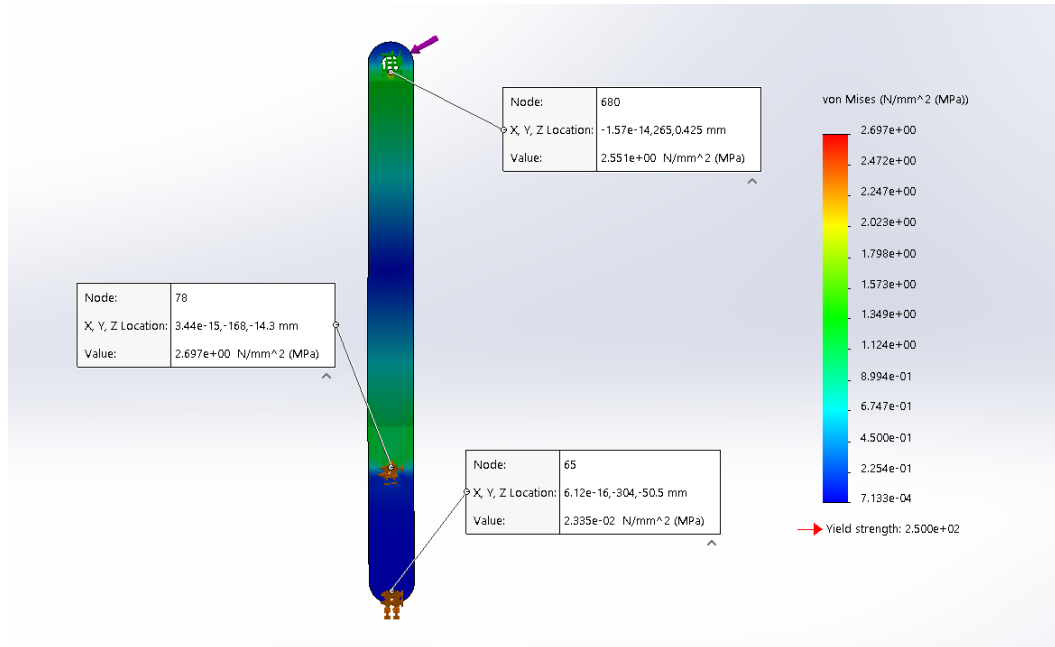
Perhitungan CAE Produk Kemudi Alternatif

Stress

Pada perhitungan *stress* tersebut, produk kemudi alternatif memiliki nilai *stress* terendah sebesar $7,13 \times 10^{-2} \text{ N/m}^{-1}$, dan tertinggi sebesar $2,697 \text{ N/m}^2$. Nilai tertinggi *stress* terdapat pada bagian poros baut putar. Hal ini dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros baut putar. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *stress* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* berdasarkan Gambar 4.15 dan 4.16:



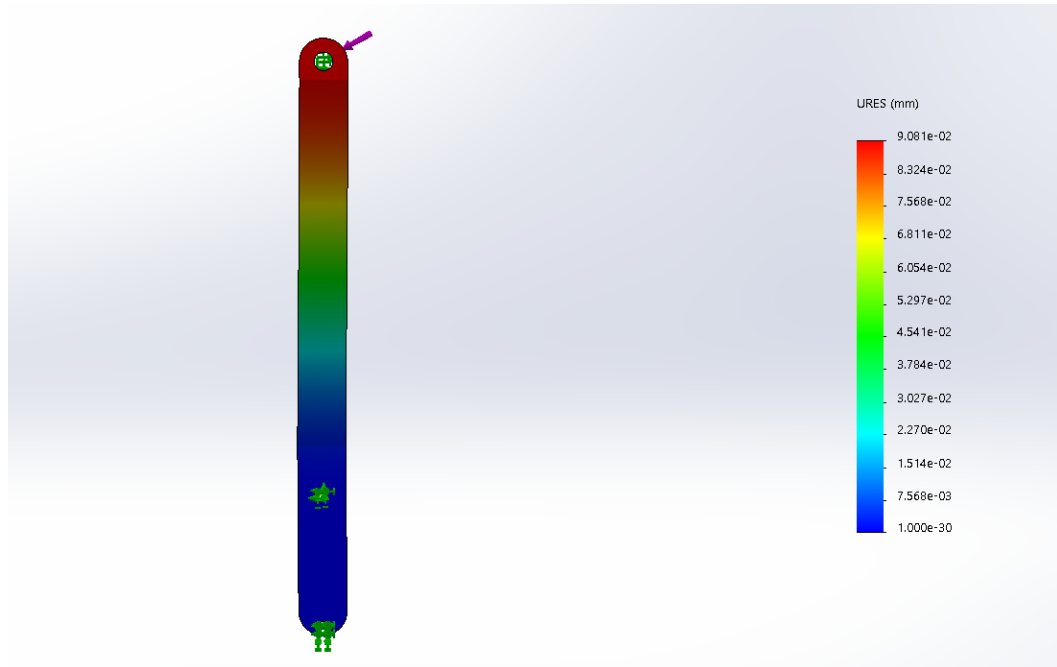
Gambar 4-17 Simulasi *stress* produk kemudi alternatif



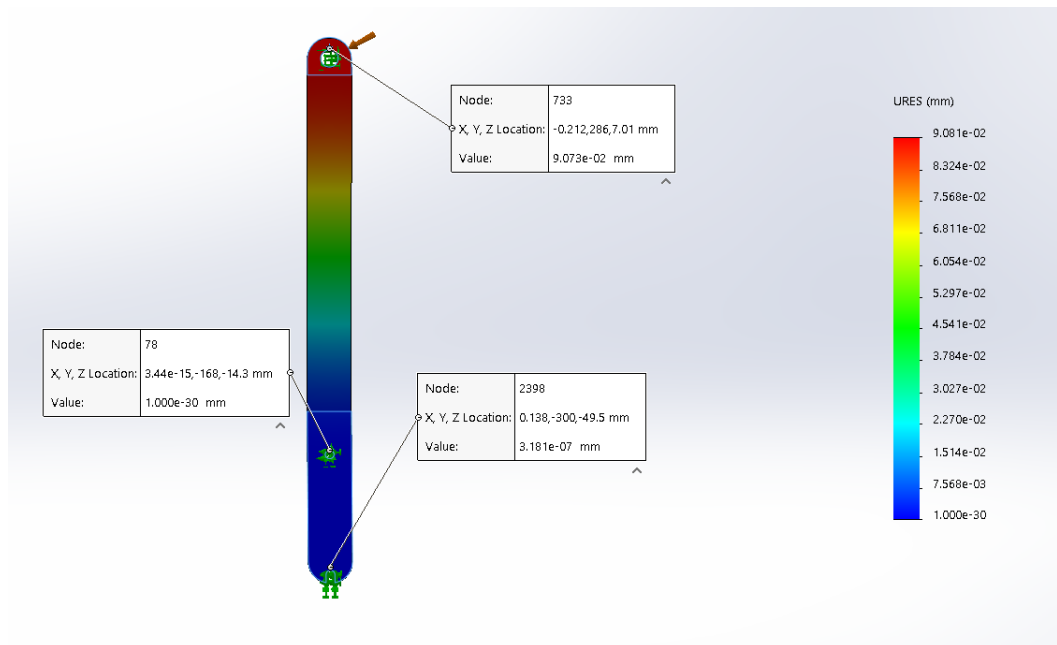
Gambar 4-18 Titik point dari simulasi *stress* produk kemudi alternatif

Displacement

Pada perhitungan *displacement* tersebut, produk kemudi alternatif memiliki nilai *displacement* terendah sebesar 10^{-30} mm, dan tertinggi sebesar $9,081 \times 10^{-2}$ mm. Nilai tertinggi *displacement* terdapat pada bagian *frame handle*. Hal ini dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros pedal. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *displacement* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* berdasarkan Gambar 4.17 dan 4.18:



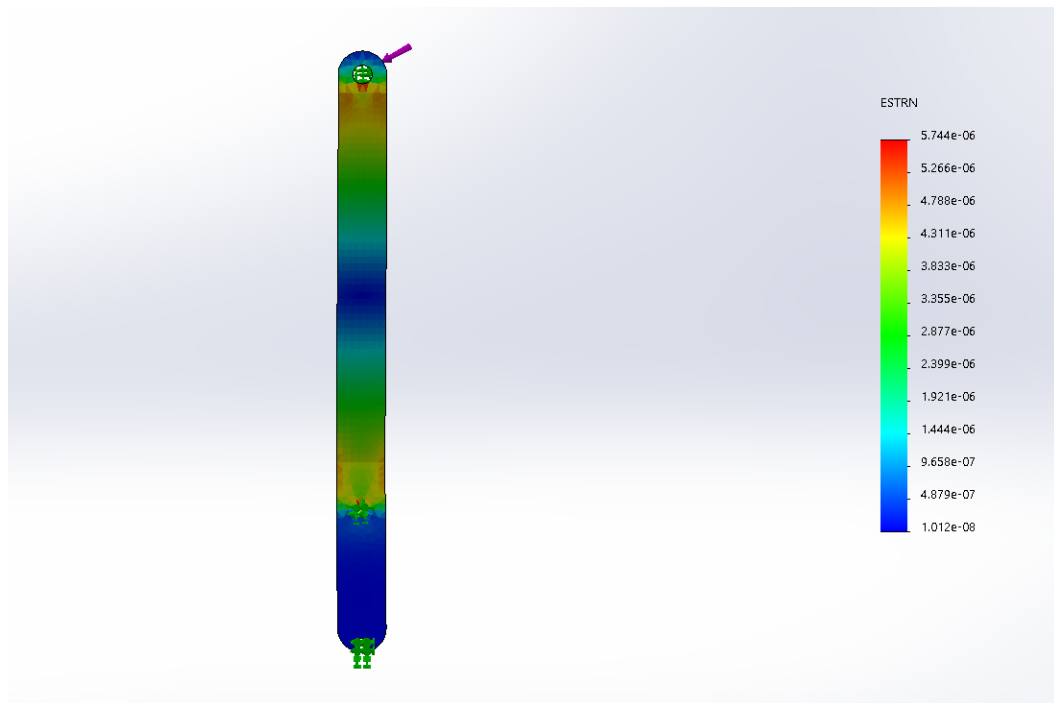
Gambar 4-19 Simulasi *displacement* produk kemudi alternatif



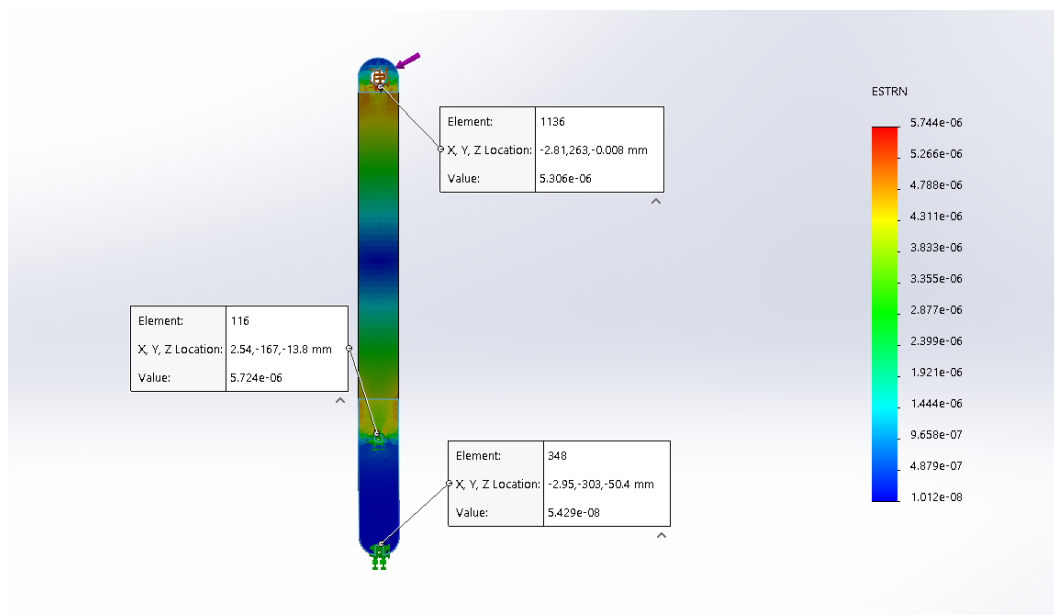
Gambar 4-20 Titik point dari simulasi *displacement* produk kemudi alternatif

Strain

Pada perhitungan *strain* tersebut, produk kemudi alternatif memiliki nilai *strain* terendah sebesar $1,081 \times 10^{-8}$, dan tertinggi sebesar $5,724 \times 10^{-6}$. Nilai tertinggi *strain* terdapat pada bagian poros baut putar. Hal ini dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros pedal. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *strain* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* berdasarkan Gambar 4.19 dan 4.20:



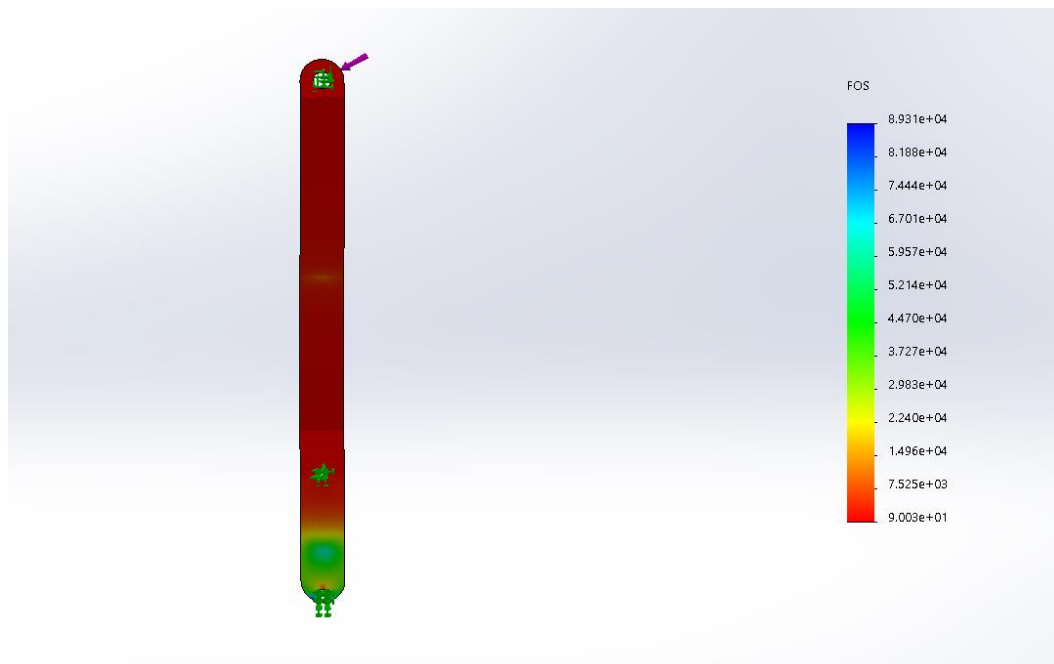
Gambar 4-21 Simulasi *strain* produk kemudi alternatif



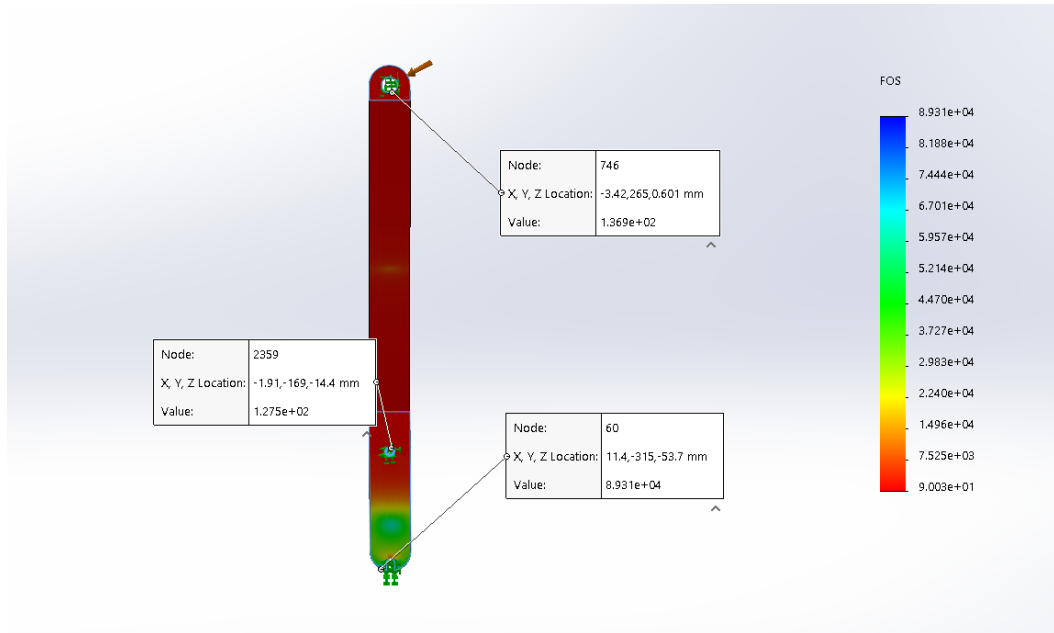
Gambar 4-22 Titik point dari simulasi *strain* produk kemudi alternatif

Factor of Safety

Pada perhitungan *factor of safety* tersebut, produk kemudi alternatif memiliki nilai *factor of safety* terendah sebesar 9×10^1 , dan tertinggi sebesar $8,931 \times 10^4$. Nilai tertinggi *factor of safety* terdapat diantara *frame* baut pengunci. Hal ini dikarenakan gaya yang diterima oleh *lower frame* terutama pada bagian poros pedal. Berikut adalah gambar mengenai hasil pengujian *factor of safety* yang dilakukan melalui CAD menggunakan metode *finite element analysis* berdasarkan Gambar 4.21 dan 4.22:



Gambar 4-23 Simulasi *factor of safety* produk kemudi alternatif



Gambar 4-24 Titik point dari simulasi *factor of safety* produk kemudi alternatif

4.1.3 Perbandingan Perhitungan

Dari pengujian yang dilakukan beserta perhitungan yang dilakukan pada kedua produk kemudi dengan dua metode, hasil yang didapatkan dikonversikan ke dalam bentuk tabel. Berikut adalah tabel perbandingan antara kedua kemudi tersebut berdasarkan tabel 4-3.

Tabel 4-3 Perbandingan perhitungan manual pada kedua kemudi

No	Produk <i>Upper Frame</i>	Tekanan Max (N/mm ²)	Tegangan Tekan (N/mm ²)	Tegangan Geser (N/mm ²)	Safety Factor
1	Produk Asli	0,0218	2,175	4,156	9,149
2	Produk Alternatif	3,342	6,875	4,156	36,36

Dari tabel tersebut, kemudi pada produk asli memiliki tekanan maksimal sebesar 0,0218 MPa dengan tegangan tekan sebesar 2,175 Mpa, tegangan gesek sebesar 0,77 Mpa, dan safety factor sebesar 7,7. Sedangkan pada kemudiyang dihasilkan dari produk alternatif memiliki tekanan maksimal sebesar 3,342 MPa dengan tegangan tekan sebesar 6,875 Mpa, tegangan gesek sebesar 0,77 Mpa, dan safety factor sebesar 36,36. Hal ini membuktikan bahwa kedua produk tersebut memiliki pengaruh yang berbeda dilihat dari bahan yang digunakan serta area kritis yang diambil untuk perhitungan, namun memiliki hasil tegangan gesek yang sama.

Selain dari perhitungan tersebut, jarak hasil perhitungan antara CAE dengan perhitungan manual memiliki skala yang berbeda. Hal ini dapat membuktikan bahwa validasi data tersebut masih kurang dikarenakan objek CAE yang masih kurang presisi. Selain itu, tidak ada nilai regangan yang dihasilkan dari perhitungan manual. Berikut adalah tabel validasi data yang diperoleh dari kedua pengujian tersebut:

Tabel 4-4 Perbandingan validasi data dari kedua perhitungan

No	Jenis Perhitungan	Kemudi Asli		Kemudi Alternatif		
		Manual	CAE	Manual	CAE	
1	Tegangan (N/mm ²)					
	a	Tekan	2,175	0,00004946 (Min)	6,875	0,0713 (Min)
				0,3138 (Max)		2,697 (Max)
	b	Geser	4,156	0,00004946 (Min)	4,156	0,0713 (Min)
				0,3138 (Max)		2,697 (Max)
2	Safety Factor	9,149	64 (Min)	36,36	90 (Min)	
			256.000 (Max)		89310 (Max)	

Dari hasil tabel tersebut, terdapat nilai tegangan tekan, tegangan geser, serta *safety factor* yang dihasilkan dari kedua pengujian tersebut. Nilai yang dihasilkan dari perhitungan manual berada diantara nilai minimal dan maksimal pada perhitungan CAE, sehingga hasil dari kedua perhitungan tersebut valid namun belum maksimal karena perhitungan manual hanya menampilkan nilai secara keseluruhan saja.

4.2 *User Reviews*



Gambar 4-25 User Reviews

User reviews mencakup berbagai tanggapan dari beberapa pengguna yang telah menggunakan produk *halfbike* dengan dua kemudi yang berbeda, pengguna tersebut merupakan pengguna yang memiliki hobi atau pengetahuan lebih lanjut mengenai sepeda. Berikut adalah respon dari beberapa responden yang telah mencoba menggunakan kedua produk tersebut:

1. Berdasarkan respon dari responden 1, produk tersebut memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah dapat mengabadikan momen di social media, dikarenakan bentuk dari sepeda yang jarang ditemukan. Selain itu, keuntungan dari sepeda tersebut adalah mudah berkeringat dibandingkan dengan sepeda lain, dikarenakan sepeda *halfbike* harus bisa menyeimbangkan sepeda yang dinaikkan. Namun kekurangan yang didapat dari sepeda tersebut adalah rem yang dikarenakan kurangnya tekanan rem yang diberikan walau tuas rem sudah ditarik secara penuh. Selain itu, kesulitan untuk belok yang dikarenakan ketidakseimbangan kekuatan antar dua pegas yang menyebabkan pegas kiri sulit untuk ditekan karena terlalu kuat.
2. Berdasarkan respon dari responden 2, poin utama dari sepeda *halfbike* adalah penggunaan sepeda ini yang unik, di mana tidak ada tempat duduk dan diharuskan mengendarainya dengan berdiri, hal ini memberikan sensasi yang menyenangkan dan unik serta sangat cocok digunakan sebagai sepeda rekreasi. Namun, ada beberapa kekurangan yang dirasakan oleh responden, yaitu kemampuan berbeloknya yang cukup sulit apabila dalam fase belajar, perlu tenaga yang extra serta keseimbangan yang lebih untuk bisa

membelokkan sepeda dengan baik, kemudian dari segi pengereman juga perlu dibenahi agar lebih nyaman dan aman saat digunakan. Secara keseluruhan, sepeda ini memberikan pengalaman yang unik dan menyenangkan dan bisa menjadi opsi rekreasi pribadi untuk berolahraga.

3. Berdasarkan respon dari responden 3, Sepeda *halfbike* memiliki bentuk dan konsep yang lebih unik dari pada sepeda lain. Untuk kedua kemudi yang diproduksi, responden lebih memilih untuk menggunakan kemudi alternatif daripada kemudi produk. Kemudi alternatif memiliki bahan yang kuat dari pada produk lain. Walaupun bentuk dari kemudi alternatif kaku, tapi dapat dipasang secara lebih mudah dibandingkan produk asli. Produk asli menang di ekonomis, namun dikarenakan bahan yang terlalu tebal dan memiliki *sliders* di ujung bawah yang menyebabkan produk asli tersebut memiliki kekurangan yang besar dibandingkan produk alternatif.
4. Berdasarkan respon dari responden 4, Kedua produk kemudi dari sepeda *halfbike* sama-sama memiliki keuntungan yang signifikan. Namun beberapa diantara kedua tersebut memiliki perbedaan, termasuk pada pemasangan. Kemudi alternatif memiliki bentuk yang kaku, namun kemudi tersebut dapat dipasang dengan mudah karena memiliki jarak antar frame yang sama. Sedangkan pada kemudi asli memiliki bentuk yang elastis, namun pemasangannya sulit daripada kemudi alternatif, karena produk asli tersebut harus memasang besi as untuk memasang pada sepeda tersebut. Selain itu, produk asli terlalu tebal dan licin untuk mengunci posisi pada baut bagian *sliders*, sehingga baut tersebut mudah terlepas.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian yang dilakukan pada kedua kemudi tersebut mempengaruhi nilai percepatan yang dihasilkan untuk menemukan nilai tekanan maksimal, tegangan, dan safety factor. Pada pengujian tersebut, produk kemudi alternatif memiliki safety factor yang lebih banyak dari pada kemudi asli, yaitu sebesar 36,36.
2. Perhitungan antara CAE dengan manual belum sepenuhnya valid, karena hasil nilai pada perhitungan pada manual tidak menampilkan nilai minimal dan maksimal.
3. Berdasarkan respon dari empat *user review*, kemudi pada alternatif memiliki nilai positif dibandingkan dengan kemudi asli karena kemudi alternatif memiliki bahan yang kuat dibandingkan produk asli. Walaupun material tersebut berat dari pada produk asli, namun pemasangan pada produk alternatif lebih mudah dibanding produk asli karena bentuk kaku.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Pada penelitian metode *reverse engineering* selanjutnya dapat diterapkan pada bagian lain yang lebih kritis seperti *lower frame*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Arif. 2010. *Melihat Indonesia dari Sepeda*. Penerbit Buku Kompas.
- CanforaHarman, G., & Di Penta, M. "New frontiers of reverse engineering". In 2007 Future of Software Engineering, IEEE Computer Society, Mei, 2007, hal. 326-341
- E. Eilam, "Reversing: Secrets of Reverse Engineering," John Wiley & Sons, Hoboken, 2005.
- Fachrezy, T. Z. (2017). Perencanaan dan Pembuatan Sepeda Halfbike untuk Mobilitas di Kampus (Sistem Transmisi) Proyek.
- Gatot Nazir Ahmad, 2022, Manajemen Operasi, Bumi Aksara.
- Hibatullah, D. R. (2017). Perencanaan Dan Pembuatan Sepeda Halfbike Untuk Mobilitas Di Kampus (Sistem Penggerak Listrik).
- Ismayana, T. K. (2018). Perencanaan dan Pembuatan Sepeda Halfbike untuk Mobilitas di Kampus (Rangka).
- Liu, G., Quek, S. S. (2003). Finite Element Method: A Practical Course. United Kingdom: Elsevier Science.
- Ningsih, D. H. (2005). Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]. Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK Volume X, 143-149.
- Pris, Fahd Riyal, Budhi M. Suyitno, and Amin Suhadi. "ANALISIS KEKUATAN VELG ALUMINIUM ALLOY 17 INC DARI BERBAGAI DESAIN MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA)." Teknobiz: Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin 9.2 (2019): 33-39.
- SESHU, P. (2004). TEXTBOOK OF FINITE ELEMENT ANALYSIS. India: PHI Learning.
- Setiawan, Andri, 2018, ANALISIS PENGUJIAN MATERIAL BESI HOLLOW DAN BOARD DESK RANGKA BIKELIFT DENGAN PENGUJIAN TEKAN DAN PENGUJIAN TEKAN, Politeknik Harapan Bersama, Tegal
- Wang, W. (2010). Reverse Engineering: Technology of Reinvention (1st ed.).

Young, Hugh D., Freedman, Roger A. (2002). Fisika Universitas Edisi Kesepuluh
Jilid 1 (Edisi Ke 10). Jakarta: Penerbit Erlangga.

Zubaydi, Achmad, and Agung Budipriyanto. Material Sandwich: Teori, Desain,
dan Aplikasi. Airlangga University Press, 2020.

LAMPIRAN

4 3 2 1

F

E

D

C

B

A

F

E

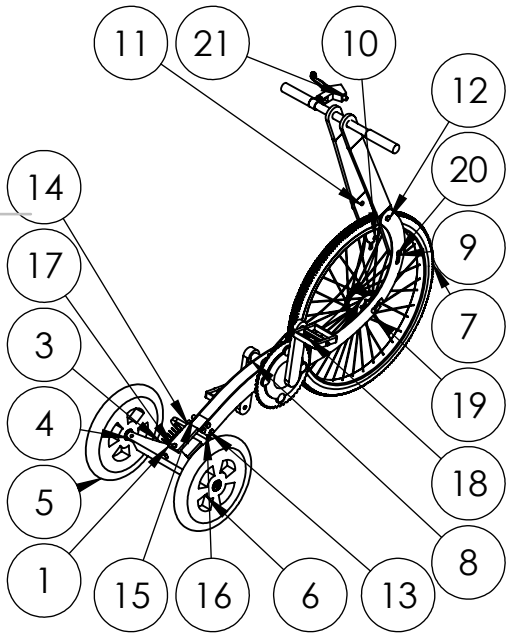
D

C

B

A

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Penyambung Body fixed ayayaa		1
2	Spring 1a		1
3	Spring 2a		1
4	Penyambung Body Ayaya 1a		1
5	Rear Wheel 1a		1
6	Rear Wheel 2a		1
7	Roda 25 inch 1a		1
8	Middle 1		1
9	Short Baut 10mm 1a		1
10	Short Baut 10mm 2a		1
11	Short Baut 10mm 3a		1
12	Short Baut 10mm 4a		1
13	Long Baut 10mm 1a		1
14	Long Baut 10mm 2a		1
15	Long Baut 10mm 3a		1
16	Long Baut 10mm 4a		1
17	Long Baut 8mm 1a		1
18	Lower Frame left 1aa		1
19	Lower Frame Right 1aa		1
20	Upper Frame Left 12		2
21	Head Bike 1a		1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1

Halfbike Kemudi Asli

4 3 2 1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

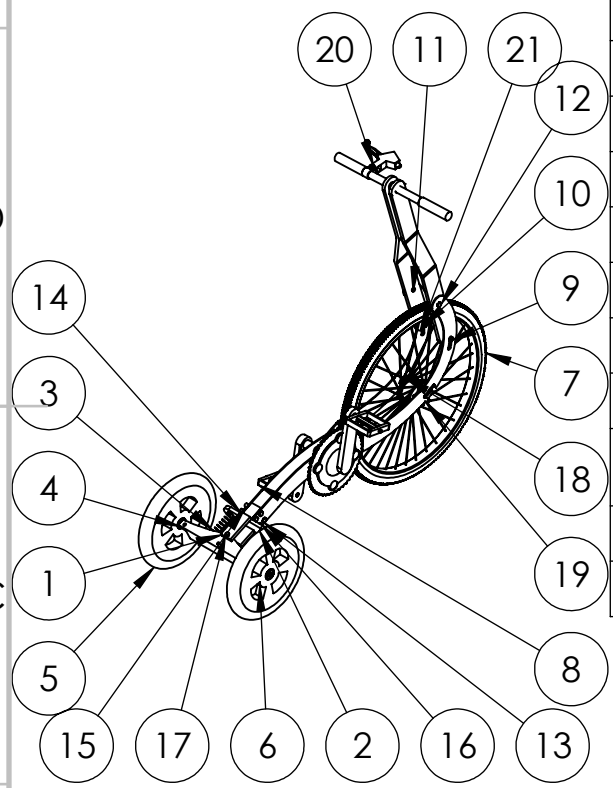
B

B

A

A

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1		Body linker fixed	1
2		Spring 1	1
3		Spring 2	1
4		Body Linker	1
5		Rear Wheel 1	1
6		Rear Wheel 2	1
7		Roda 25 inch 1a	1
8		Middle 1	1
9		Short Baut 10mm 1a	1
10		Short Baut 10mm 2a	1
11		Short Baut 10mm 3a	1
12		Short Baut 10mm 4a	1
13		Long Baut 10mm 1a	1
14		Long Baut 10mm 2a	1
15		Long Baut 10mm 3a	1
16		Long Baut 10mm 4a	1
17		Long Baut 8mm 1a	1
18		Lower Frame left 1aa	1
19		Lower Frame Right 1aa	1
20		Head Bike 1a	1
21		New Upper frameaa	2



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:	FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			

MATERIAL:	DWG NO.
WEIGHT:	SCALE:1:20
	SHEET 1 OF 1

Halfbike Kemudi Alt 1

4

3

2

1

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

C

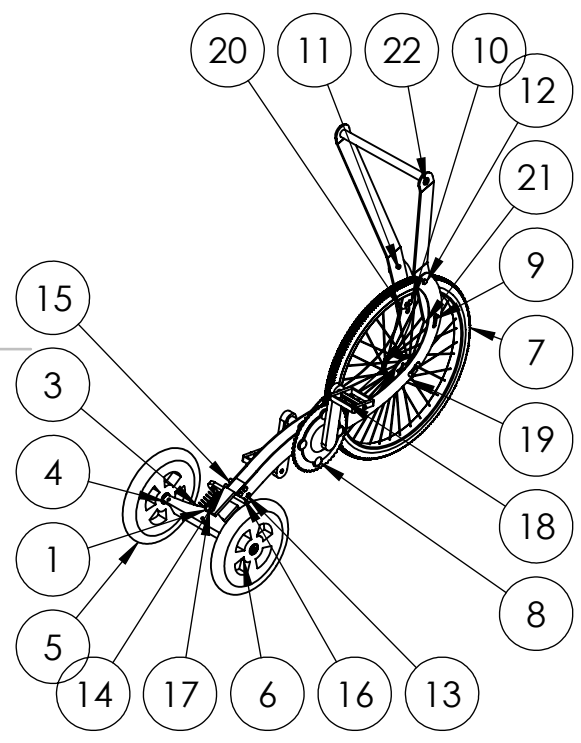
B

B

A

A

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1		Body linked	1
2		Spring 1	1
3		Spring 2	1
4		Penyambung Body Ayaya 1a	1
5		Rear Wheel 1	1
6		Rear Wheel 2	1
7		Roda 25 inch 1a	1
8		Middle 1	1
9		Short Baut 10mm 1a	1
10		Short Baut 10mm 2a	1
11		Short Baut 10mm 3a	1
12		Short Baut 10mm 4a	1
13		Long Baut 10mm 1a	1
14		Long Baut 10mm 2a	1
15		Long Baut 10mm 3a	1
16		Long Baut 10mm 4a	1
17		Long Baut 8mm 1a	1
18		Lower Frame left 1aa	1
19		Lower Frame Right 1aa	1
20		Upper frame 1	1
21		Upper frame 2	1
22		Handle Bar head 1angel	1



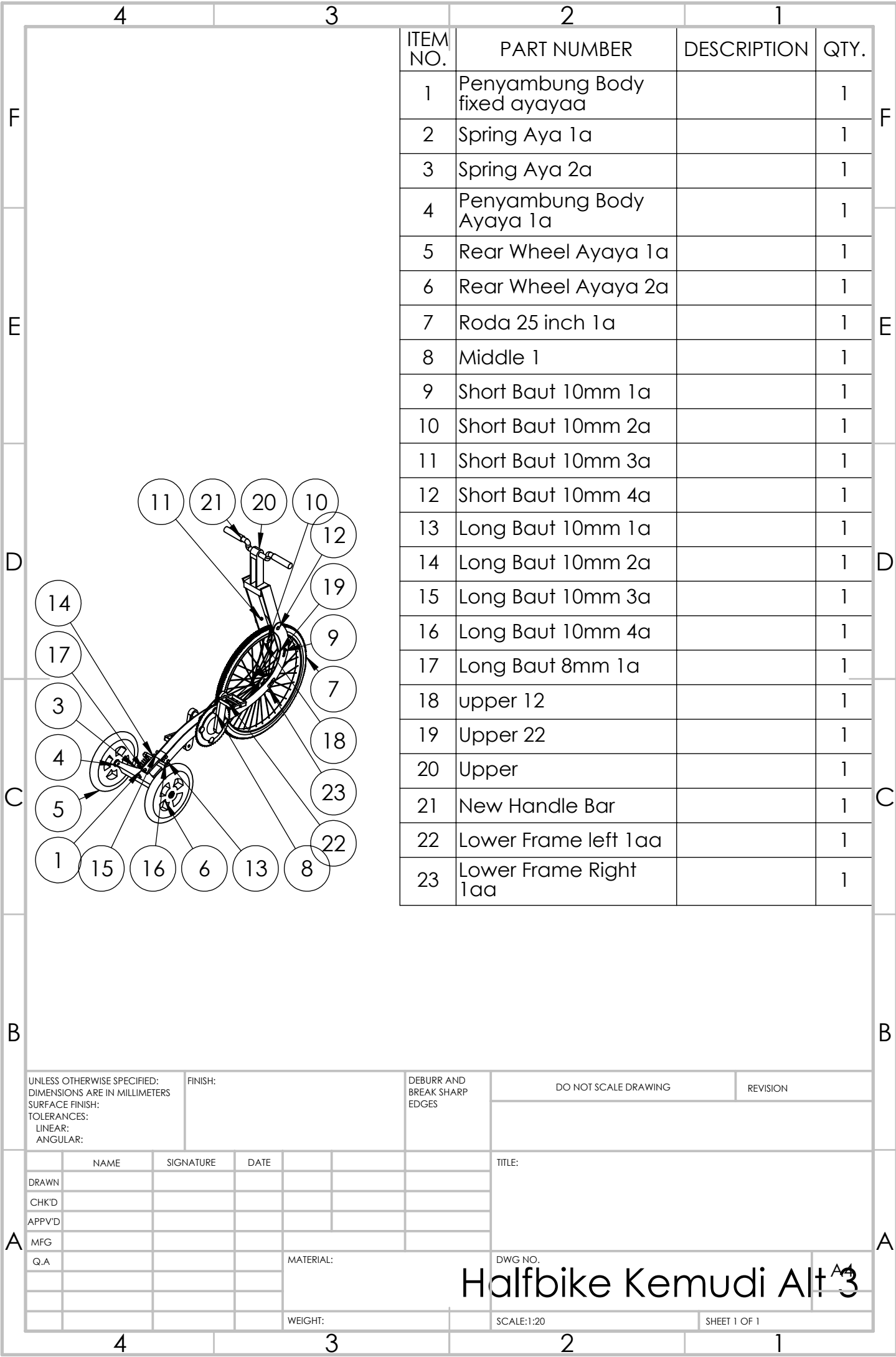
UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE:			
DRAWN			DWG NO. Halfbike Kemudi Alt 2			
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						
MATERIAL:			SCALE:1:20			
WEIGHT:			SHEET 1 OF 1			

4

3

2

1



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Penyambung Body fixed ayayaa		1
2	Spring Aya 1a		1
3	Spring Aya 2a		1
4	Penyambung Body Ayaya 1a		1
5	Rear Wheel Ayaya 1a		1
6	Rear Wheel Ayaya 2a		1
7	Roda 25 inch 1a		1
8	Middle 1		1
9	Short Baut 10mm 1a		1
10	Short Baut 10mm 2a		1
11	Short Baut 10mm 3a		1
12	Short Baut 10mm 4a		1
13	Long Baut 10mm 1a		1
14	Long Baut 10mm 2a		1
15	Long Baut 10mm 3a		1
16	Long Baut 10mm 4a		1
17	Long Baut 8mm 1a		1
18	upper 12		1
19	Upper 22		1
20	Upper		1
21	New Handle Bar		1
22	Lower Frame left 1aa		1
23	Lower Frame Right 1aa		1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN		
CHK'D		
APPV'D		
MFG		
Q.A		

TITLE:

MATERIAL:

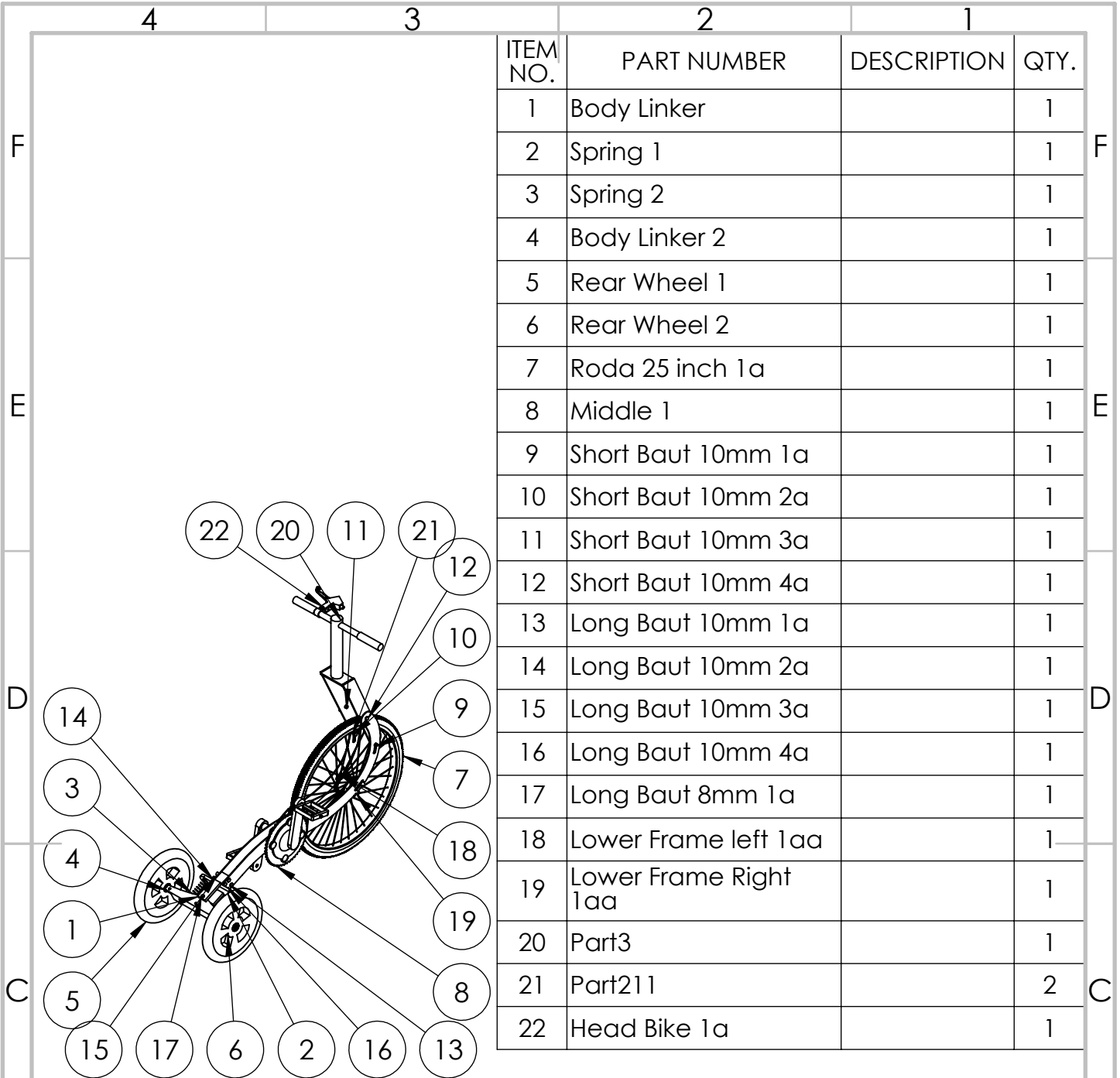
WEIGHT:

DWG NO.

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1

Halfbike Kemudi Alt 3



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Body Linker		1
2	Spring 1		1
3	Spring 2		1
4	Body Linker 2		1
5	Rear Wheel 1		1
6	Rear Wheel 2		1
7	Roda 25 inch 1a		1
8	Middle 1		1
9	Short Baut 10mm 1a		1
10	Short Baut 10mm 2a		1
11	Short Baut 10mm 3a		1
12	Short Baut 10mm 4a		1
13	Long Baut 10mm 1a		1
14	Long Baut 10mm 2a		1
15	Long Baut 10mm 3a		1
16	Long Baut 10mm 4a		1
17	Long Baut 8mm 1a		1
18	Lower Frame left 1aa		1
19	Lower Frame Right 1aa		1
20	Part3		1
21	Part211		2
22	Head Bike 1a		1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

SCALE:1:20

SHEET 1 OF 1

Halfbike Kemudi Alt 4

A4

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

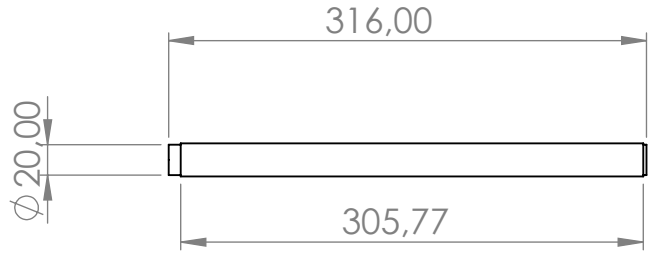
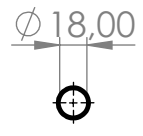
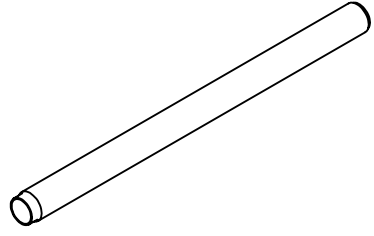
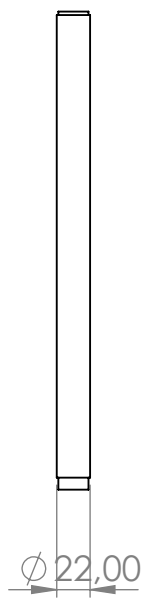
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

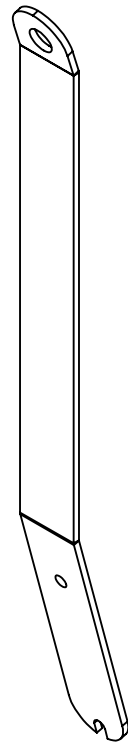
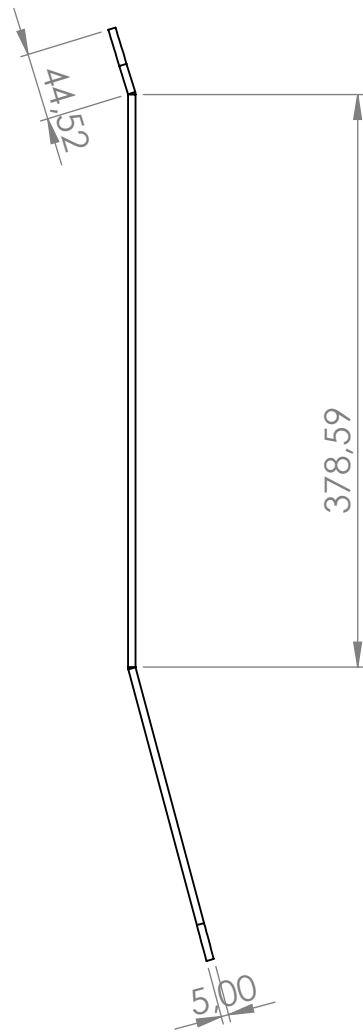
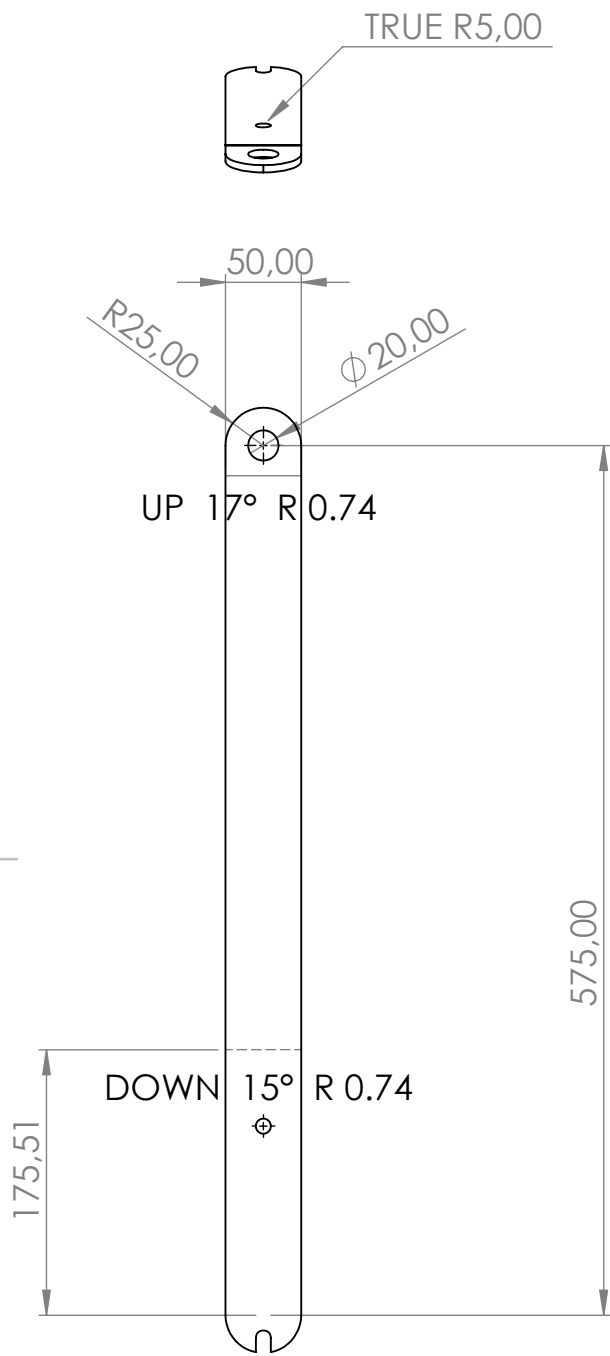
SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

Handle Bar

A4

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

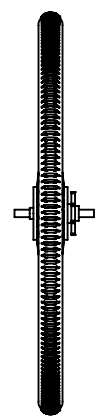
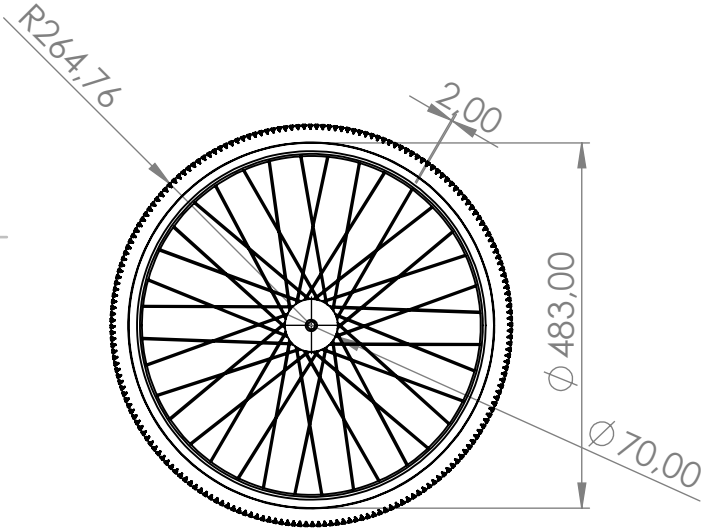
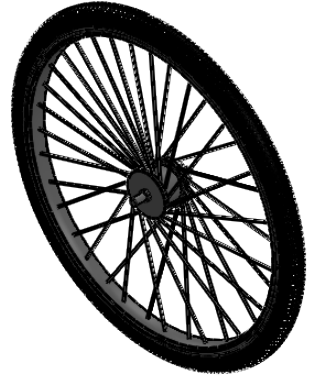
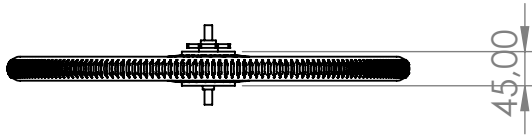
DWG NO.

Upper frame alt 2 A4

WEIGHT:

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APP'V'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

Front wheel

A4

WEIGHT:

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

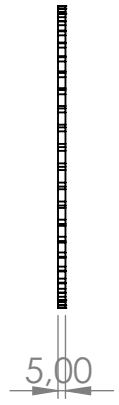
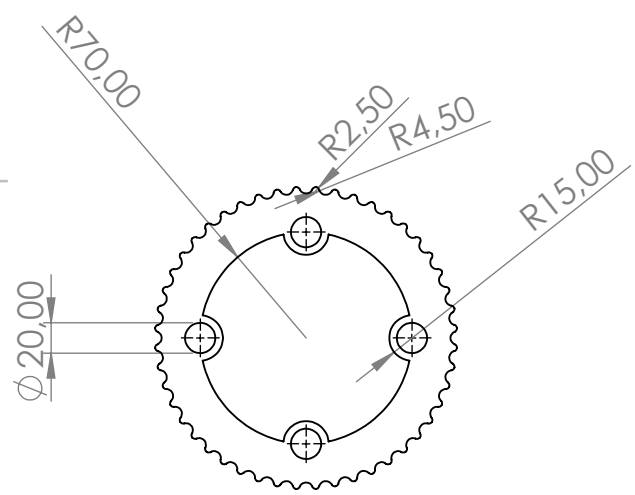
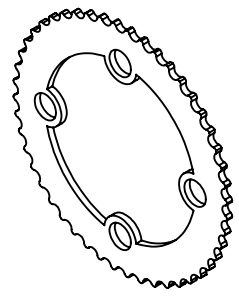
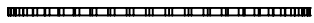
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

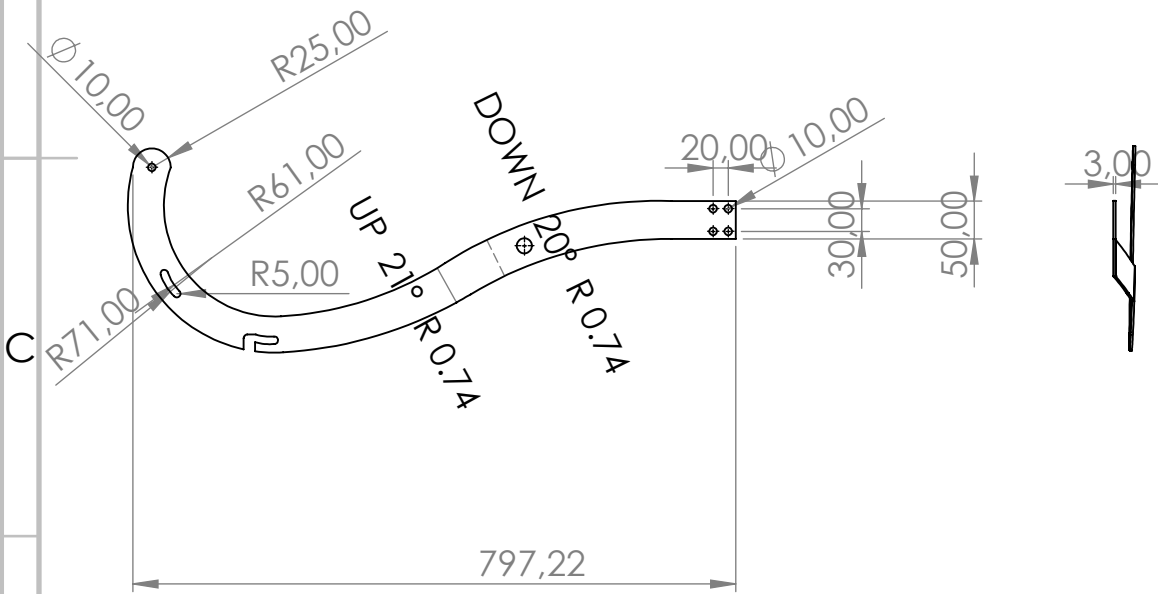
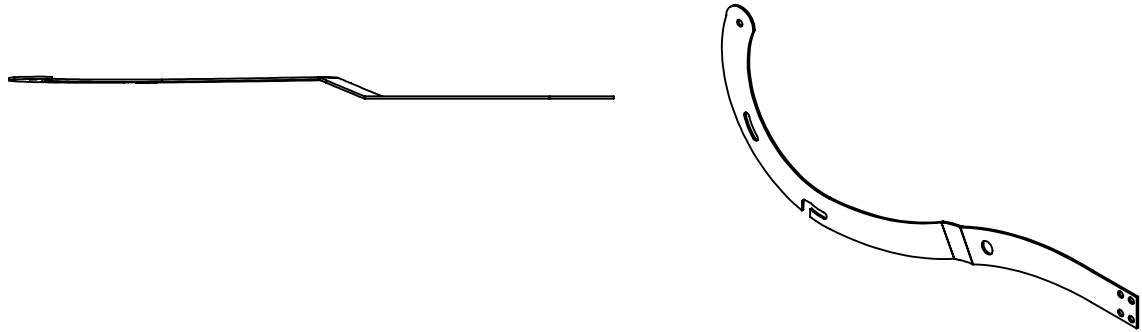
DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
				MATERIAL:	
				WEIGHT:	

TITLE:	
DWG NO.	A4
Roda gigi	
SCALE: 1:2	SHEET 1 OF 1

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

Lower Frame

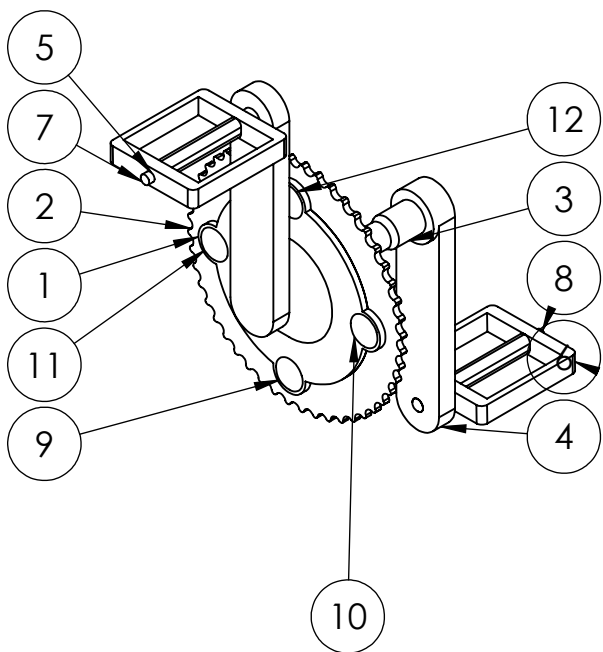
A4

WEIGHT:

SCALE:1:10

SHEET 1 OF 1

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Right Crank Arm pedal 1		1
2	Roda gigi pedal 1		1
3	Middle arm 1		1
4	Left Crank Arm Pedal 1		1
5	Right Pedal 1		1
6	Left pedal 1		1
7	Batang pedal a 1		1
8	Batang pedal a 2		1
9	New baut roda gigi 1a		1
10	New baut roda gigi 2a		1
11	New baut roda gigi 3a		1
12	New baut roda gigi 4a		1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

Pedal Assembly

A4

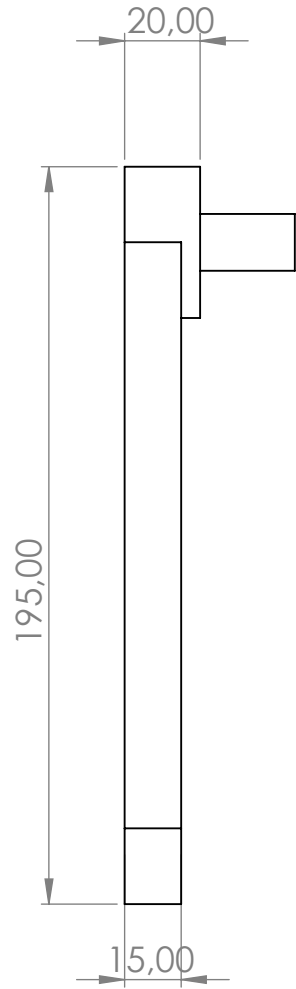
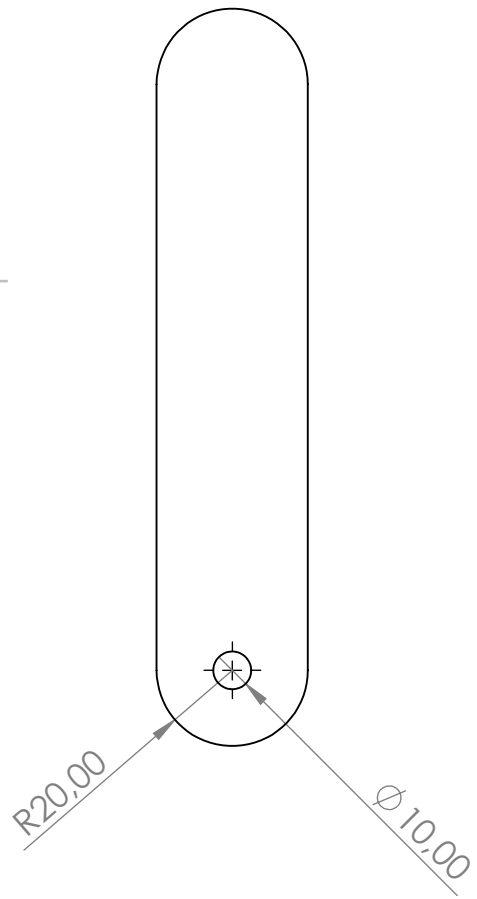
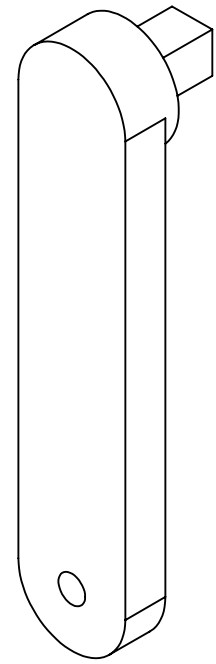
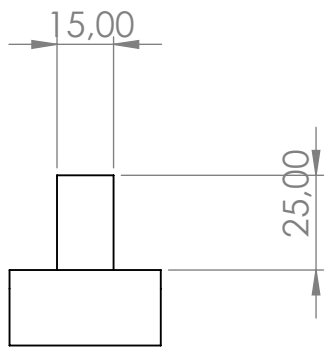
SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

F
E
D
C
B

F
E
D
C
B



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

Left Crank Arm

A4

WEIGHT:

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1

4 3 2 1

A

A

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

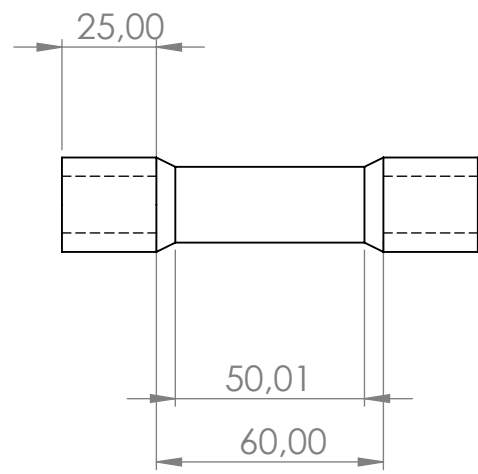
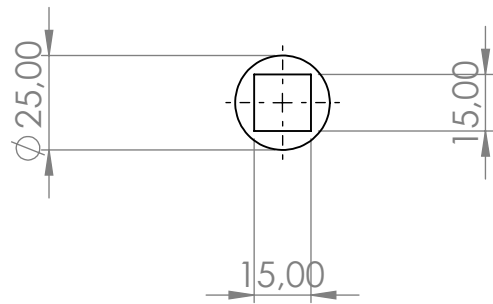
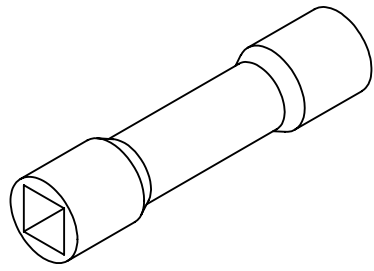
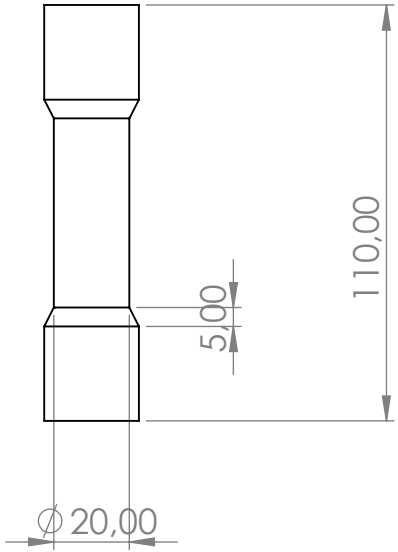
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO. **Middle arm**

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

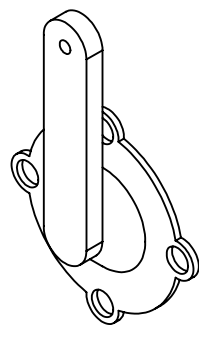
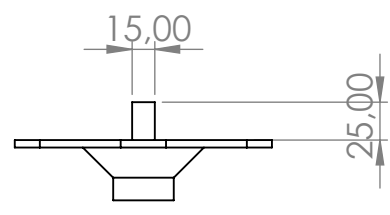
A4

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

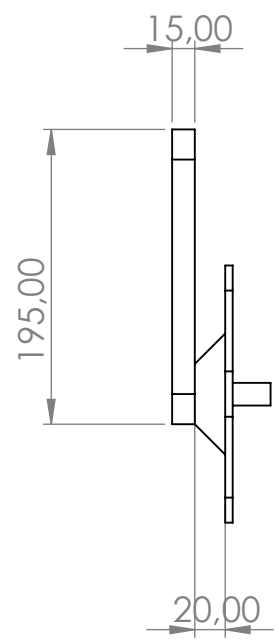
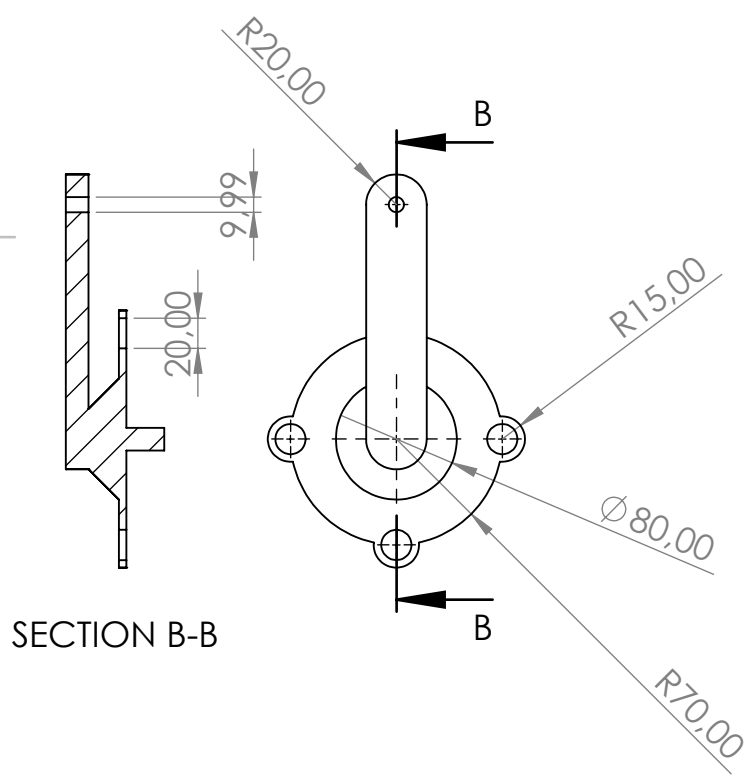


E

E

D

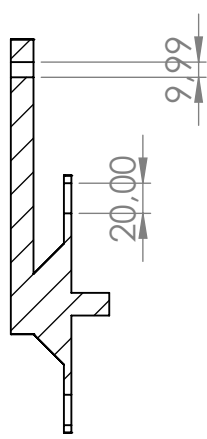
D



C

C

SECTION B-B



B

B

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

Right Crank Arm

A4

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

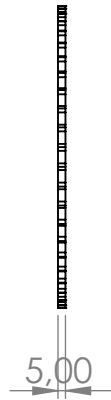
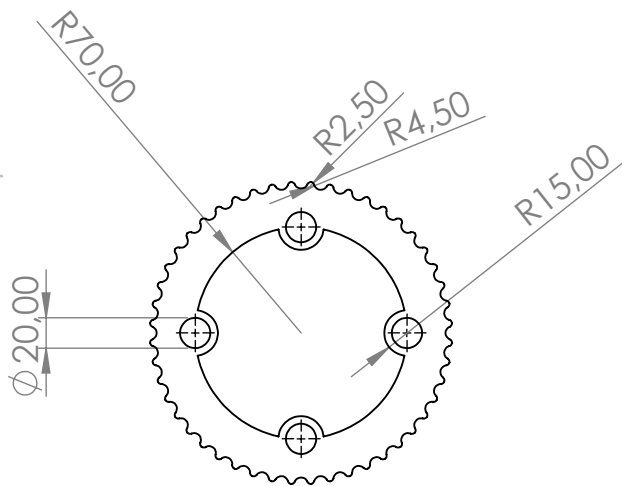
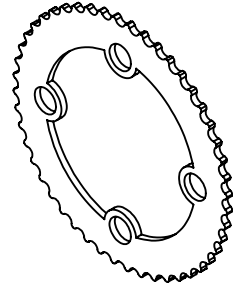
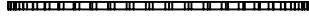
C

B

B

A

A



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

DWG NO.

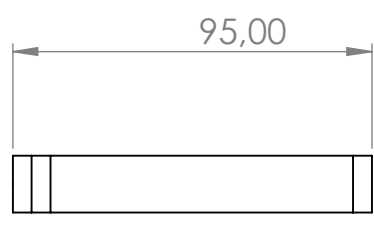
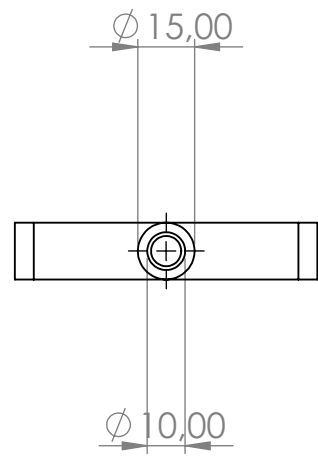
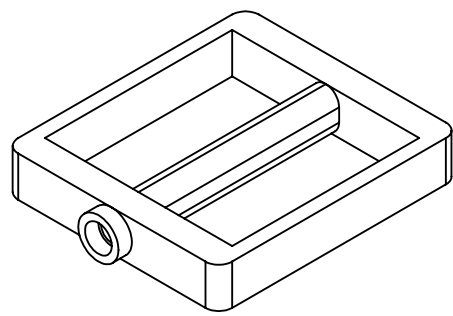
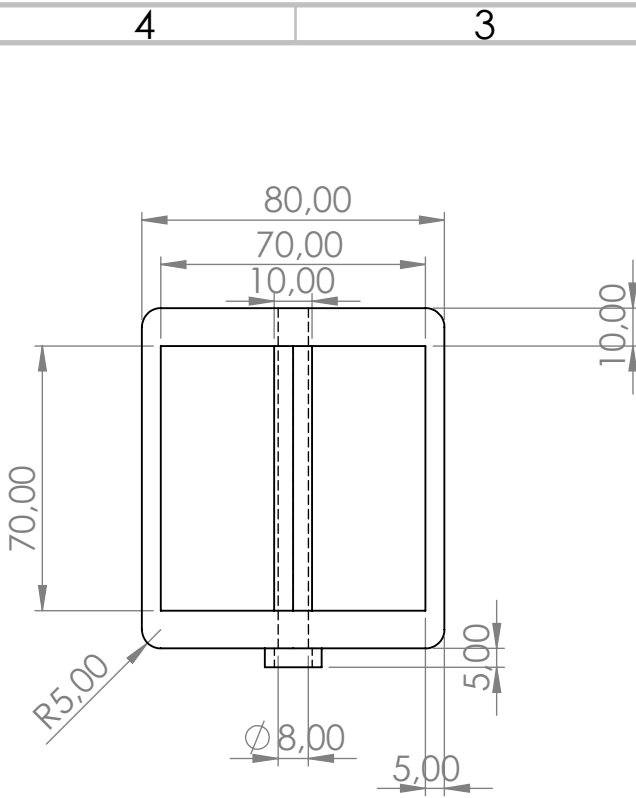
SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1

Roda gigi

A4

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN				TITLE:		
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A				MATERIAL:	DWG NO.	A4
WEIGHT:				SCALE:1:2		
						SHEET 1 OF 1

Pedal

A4

4 3 2 1

F F

E E

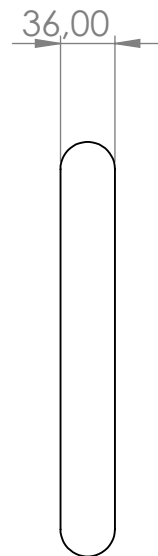
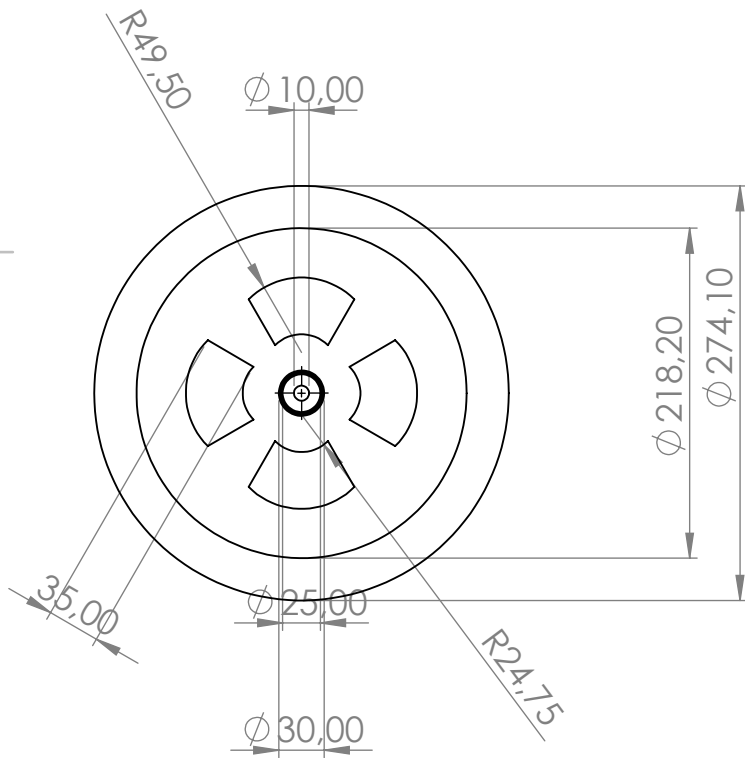
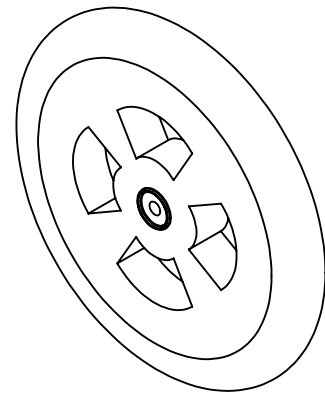
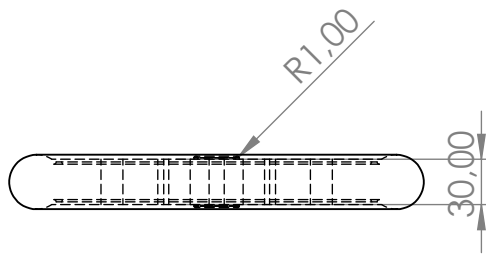
D D

C C

B B

A A

4 3 2 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE	
DRAWN				
CHK'D				
APPV'D				
MFG				
Q.A				

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO.

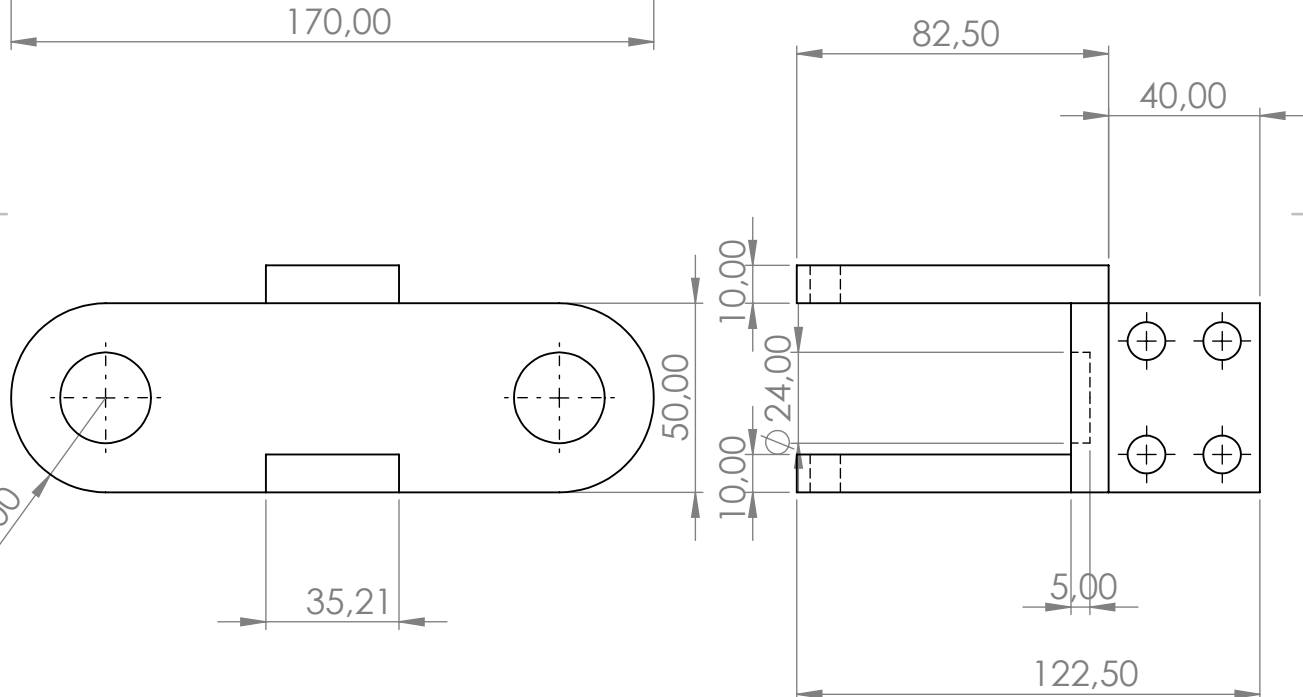
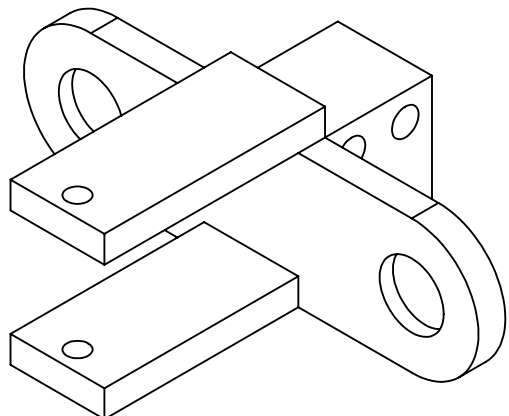
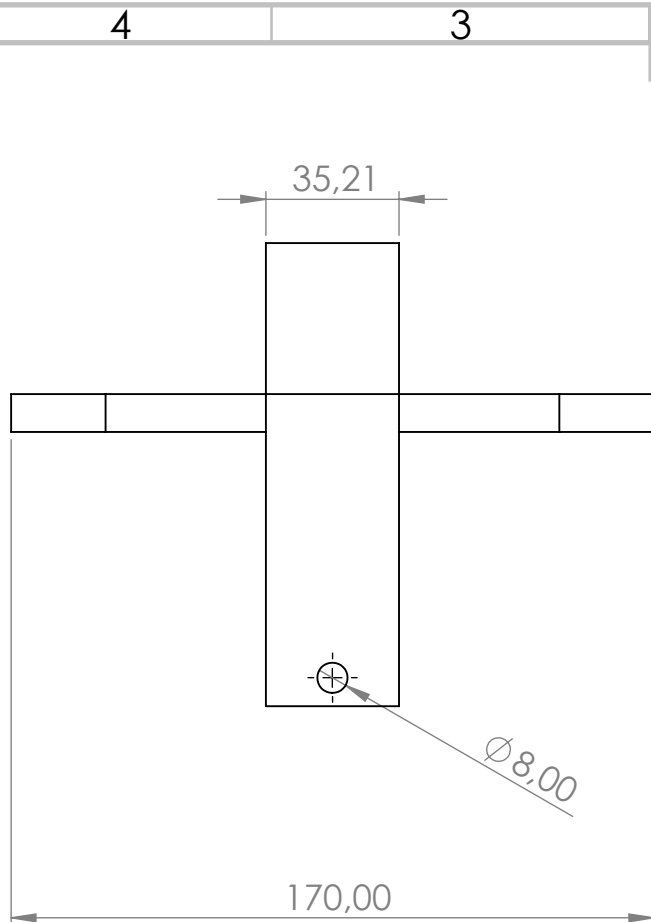
Rear Wheel

A4

WEIGHT:

SCALE:1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

WEIGHT:

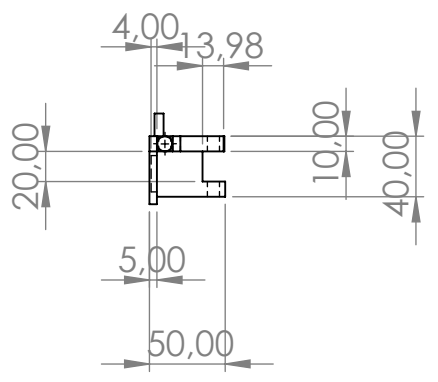
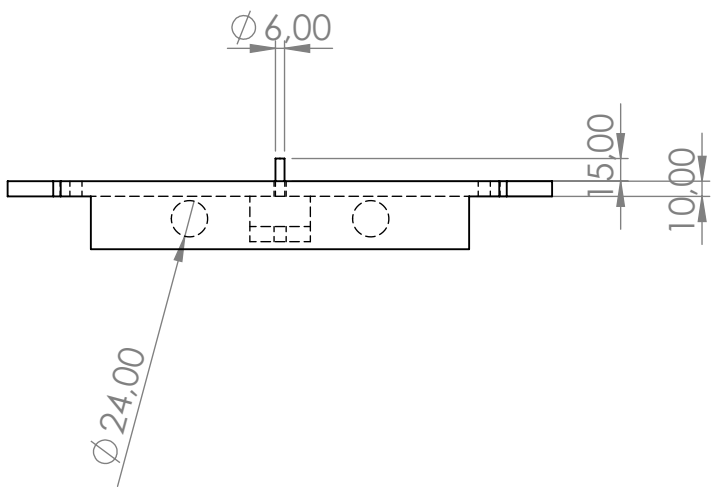
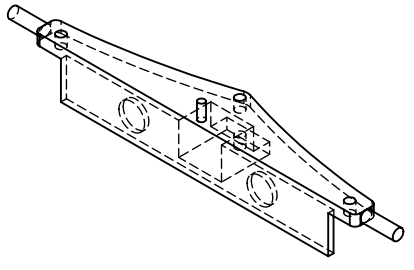
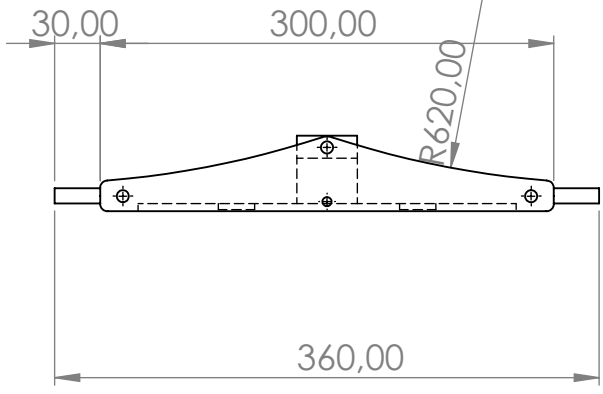
DWG NO.

Body linked 1

A4

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBURR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE
DRAWN			
CHK'D			
APPV'D			
MFG			
Q.A			

TITLE:

MATERIAL:

DWG NO. **Body Linked 2**

SCALE: 1:5

SHEET 1 OF 1

A4

