

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SAMBUNGAN
BOTTOM BRACKET SEPEDA MENGGUNAKAN 3D PRINTER
DENGAN PERKUATAN LAPISAN *FIBERGLASS***

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh:

Nama : Nevrizal Firly Wilya Tanjung
No. Mahasiswa : 18525066
NIRM :

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir ini merupakan hasil kerja saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 5 Desember 2022



Nevrizal Firly Wilya Tanjung

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SAMBUNGAN
***BOTTOM BRACKET* SEPEDA MENGGUNAKAN 3D PRINTER**
DENGAN PERKUATAN LAPISAN *FIBERGLASS*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Nevrizal Firly Wilya Tanjung
No. Mahasiswa : 18525066
NIRM :

Yogyakarta, 20 November 2022

Dosen Pembimbing,



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

NIP. 135250502

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SAMBUNGAN *BOTTOM BRACKET* SEPEDA MENGGUNAKAN 3D PRINTER DENGAN PERKUATAN LAPISAN *FIBERGLASS*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Nevrizal Firly Wilya Tanjung
No. Mahasiswa : 18525066
NIRM :

Yogyakarta, 20 November 2022

Tim Penguji

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

Ketua

Tanggal: 08/12/2022

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D.

Anggota I

Tanggal: 08/12/2022

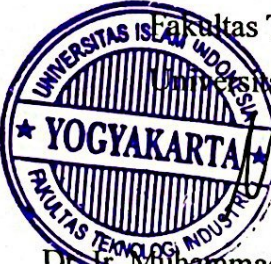
Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng., IPP

Anggota II

Tanggal: 6/12/2022

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

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

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan Menyebut Nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, Puji Syukur atas Kehadirat Allah SWT atas nikmat yang telah diberikan, Skripsi ini saya persembahkan kepada:

Bapak Wilkisman dan Ibu Sri Murniati selaku kedua orang tua saya. Terima kasih senantiasa mendukung, mendoakan, membimbing, dan mendidik saya dengan penuh kasih sayang.

Nenek saya Ibu Umi Kalsum, terima kasih telah memberikan motivasi sampai tahap ini untuk menjadi acuan dalam menyelesaikan studi hingga tahap akhir.

Bapak Ir. Santo Ajie Dhewanto, ST., MM. selaku dosen pembimbing yang tidak kenal lelah memberikan saran dalam setiap masalah dan memfasilitasi pembuatan produk tugas akhir.

Serta kerabat, sahabat, dan teman-teman yang selalu membantu saya setiap waktu dari awal hingga akhir masa perkuliahan ini.

HALAMAN MOTTO

ليس بخيركم من ترك الدنيا لآخرته, ولاخرته لدنياه, حتي يصيب منهما جميعا فأند الدنيا
بلاغ ألى الآخرة, ولا تكونوا كلا على الناس ابن عساكر

“Bukanlah orang-orang yang paling baik dari pada kamu siapa yang
meninggalkan dunianya karena akhirat, dan tidak pula meninggalkan akhiratnya
karena dunianya, sehingga ia dapat kedua-duanya semua. Karena di dunia itu
penyampaikan akhirat. Dan jangankah kamu jadi memberatkan atas sesama
manusia“.

(H.R Muslim)

الجمعة الإسلامية الأندلسية

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunia-Nya tugas akhir dengan judul “Perancangan dan Pembuatan Sambungan *Bottom bracket* Sepeda menggunakan 3D Printer dengan Perkuatan Lapisan *Fiberglass*” dapat terselesaikan dengan baik. Adapun Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat utama untuk menyelesaikan studi Strata-1 pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Laporan Tugas Akhir ini kiranya tidak selesai tanpa bantuan dari beberapa pihak yang senantiasa selalu membantu hingga akhir penulisan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., sebagai Rektor Universitas Islam Indonesia.
2. Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP., Ketua Jurusan Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.
4. Ir. Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. IPP., Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
5. Bapak/Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu selama masa perkuliahan.
6. Seluruh Staf Fakultas Teknologi Industri yang telah memberikan pelayan dan fasilitas selama masa perkuliahan.
7. Orang tua penulis yang selalu *support* dan memberikan do'a kepada penulis.
8. Keluarga besar Teknik Mesin 2018 yang selalu memberikan *support*.
9. Adi Rahman, Yanuar Wahyu, dan Reza Hanafi yang senantiasa saling membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dengan baik.
10. Rizki Rahmatullah yang selalu membantu meminjamkan laptop untuk pengerjaan tugas akhir.

Demikian penulisan laporan Tugas Akhir ini disusun, penulis menyadari dalam menyusun dan menulis laporan Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang dari seluruh pembaca.

Penulis juga berharap semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi pembacanya
ataupun perancangan selanjutnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 17 November 2022



Nevrizal Firly Wilya Tanjung

NIM 18525066



ABSTRAK

Sepeda merupakan salah satu alat transportasi yang tersusun dari beberapa bagian seperti *frame*, sadel, *headset*, *fork*, stem dan setang, rem, ban dan roda, *bracket* dan *crankset*. Dalam melakukan analisis desain konstruksi *frame* sepeda dapat menggunakan teknik manual atau simulasi program. Pembuatan desain pada perancangan ini menggunakan *software Solidworks* dan *Ansys*. Dalam hal penyambungan *frame* umumnya masih dengan proses pengelasan. Pengelasan masih memiliki kekurangan, sehingga dilakukan pergantian menggunakan komponen dari material komposit yang dicetak menggunakan 3D Printer dan dilakukan laminasi pada bagian *bottom bracket*. Analisis desain menggunakan *ansys* didapatkan hasil tegangan maksimum lebih kecil dari *yield strength* material *structural steel* dan PLA serta *safety factor* >1 yang berarti sepeda aman digunakan. Pengujian jalan sepeda dilakukan dengan beberapa indikator, seperti mengendarai sepeda sepanjang 1km, melewati 15 balok kayu sebanyak 3x, mengendarai sepeda secara konstan dengan kecepatan ≥ 22 km/jam, menguji sepeda apakah dapat mengendarai dengan satu tangan dan didapatkan hasil bahwa pada setiap indikator yang telah dilakukan pengujian telah lulus uji coba. Pada indikator mengecek kecepatan maksimal yang mampu ditempuh oleh sepeda didapatkan bahwa kecepatan pada pengujian 1 sebesar 22,69 km/jam, pengujian 2 sebesar 22,1km/jam, pengujian 3 sebesar 25,6 km/jam, pengujian 4 sebesar 26,2 km/jam.

Kata Kunci: 3D Printer, *Bottom Bracket*, *Frame*, Sepeda

ABSTRACT

Bicycle is a means of transportation which is composed of several parts such as frame, saddle, headset, fork, stem and handlebars, brakes, tires and wheels, bracket and crankset. In conducting a bicycle frame construction design analysis, manual techniques or program simulation can be used. The design for this design uses Solidworks and Ansys software. In terms of joining the frame, it is generally still a welding process. Welding still has drawbacks, so a replacement is made using components from composite materials printed using a 3D printer and laminated on the bottom bracket. Design analysis using ansys shows that the maximum stress is less than the yield strength of structural steel and PLA materials and a safety factor > 1 which means the bicycle is safe to use. The bicycle walking test is carried out with several indicators, such as riding a bicycle for 1km, passing 15 wooden blocks 3 times, riding a bicycle constantly at a speed of ≥ 22 km/hour, testing whether the bicycle can ride with one hand and the results show that on each indicator that has been carried out the test has passed the test run. On the indicator of checking the maximum speed that the bicycle can travel, it was found that the speed in test 1 was 22.69 km/hour, test 2 was 22.1 km/hour, test 3 was 25.6 km/hour, test 4 was 26.2 km/hour.

Keywords: 3D Printer, Bottom Bracket, Frame, Bicycle

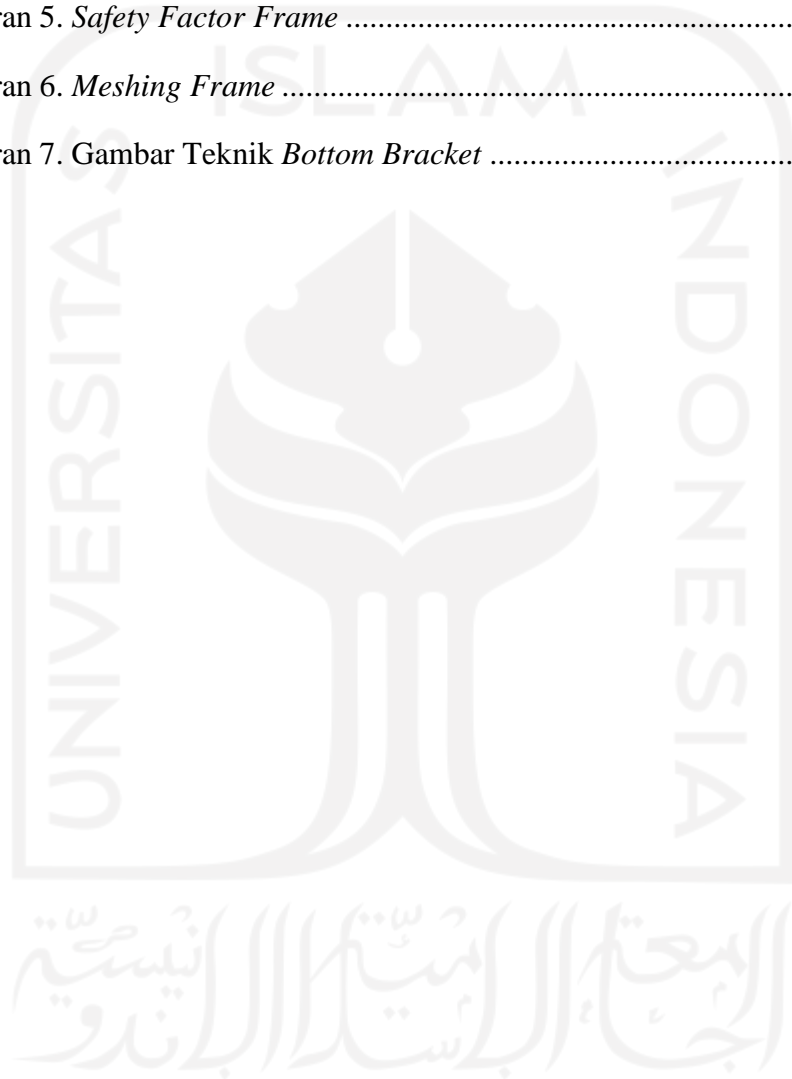
DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Perancangan.....	3
1.5 Manfaat Perancangan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Sepeda.....	7
2.2.2 <i>Frame</i>	8
2.2.3 <i>Bottom bracket</i>	9

2.2.4	Komposit	9
2.2.5	<i>Printer 3D</i>	10
2.2.6	<i>Computer Aided Design (CAD)</i>	10
2.2.7	<i>Infill</i>	12
2.2.8	<i>Fiberglass</i>	12
2.2.9	Teori kegagalan (<i>fatigue</i>).....	13
2.2.10	Pengujian Jalan SNI 1049:2008	14
BAB III METODE PERANCANGAN		15
3.1	Objek Perancangan	15
3.2	Alur Perancangan.....	15
3.3	Peralatan dan Bahan.....	16
3.3.1	Alat	16
3.3.2	Bahan	17
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	17
3.5	Variabel Perancangan	17
3.5.1.	Variabel Bebas.....	18
3.5.2.	Variabel Tak Bebas	18
3.6	Kriteria Desain	18
3.7	Perancangan	18
3.7.1	Desain	18
3.7.2	<i>Analisis Statical Structure</i>	18
3.8	Pembuatan Produk	19
3.8.1	Proses <i>3D Printing</i>	19
3.9	Proses Perakitan	19
3.10	Pengujian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		21

4.1.	Pembuatan <i>Part</i> Sambungan.....	21
4.1.1	Hasil Pembersihan Cat pada <i>Frame</i>	21
4.1.2	Pengukuran Dimensi <i>Frame</i> dan <i>Bottom Bracket</i>	22
4.1.3	Pembuatan Sketsa Awal	22
4.1.4	Pembuatan Desain pada <i>Solidworks</i>	23
4.2	<i>Statical Structure</i>	26
4.2.	Hasil Simulasi <i>Ansys</i>	30
4.2.1.	Simulasi Beban 60 Kg	30
4.2.2.	Simulasi Beban 67 Kg	32
4.2.3.	Simulasi Beban 69 Kg	34
4.2.4.	Simulasi Beban 70 Kg	36
4.2.5.	Simulasi Beban 80 Kg	38
4.2.6.	<i>Safety Factor</i> Beban Maksimum 80 kg	40
4.3.	Produksi Sambungan <i>Bottom Bracket</i>	41
4.3.1	Laminasi	42
4.4	Perakitan	44
4.4.1	Pemasangan Kelengkapan Sepeda	45
4.5.	Pengujian Jalan SNI 1049:2008.....	45
4.5.1.	Pengujian Pertama	46
4.5.2.	Pengujian Kedua.....	47
4.6.	Analisis dan Pembahasan.....	50
4.6.1.	Simulasi <i>Ansys</i>	50
4.6.2.	Pengujian Jalan SNI 1049:2008	52
BAB V PENUTUP		55
5.1.	Kesimpulan	55
5.2.	Saran	55

Daftar Pustaka	56
Lampiran 1. Lokasi Pengujian.....	58
Lampiran 2. Lintasan Pengujian.....	59
Lampiran 3. <i>Deformation Frame</i>	60
Lampiran 4. <i>Maximum Stress Frame</i>	61
Lampiran 5. <i>Safety Factor Frame</i>	62
Lampiran 6. <i>Meshing Frame</i>	63
Lampiran 7. Gambar Teknik <i>Bottom Bracket</i>	64



DAFTAR TABEL

Tabel 4- 1 Parameter 3D Printing.....	41
Tabel 4- 2 Parameter pengujian jalan SNI 1049:2008	46
Tabel 4- 3 Hasil pengujian kecepatan.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Sepeda Onthel Jengki	8
Gambar 2-2 <i>Frame Mountain Bike</i>	8
Gambar 2-3 <i>Bottom bracket</i>	9
Gambar 2-4 Struktur Komposit	9
Gambar 2-5 Mesin 3D Printer	10
Gambar 2-6 <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	11
Gambar 2-7 <i>Solidworks</i>	11
Gambar 2-8 <i>Ansys</i>	11
Gambar 2-9 Variasi <i>Infill</i>	12
Gambar 3-1 Diagram Alir.....	15
Gambar 4-1 Kondisi frame setelah proses pembersihan cat.....	21
Gambar 4-2 Kondisi <i>bottom bracket</i> setelah proses pembersihan cat.....	22
Gambar 4- 3 Pengukuran frame dan bottom bracket.....	22
Gambar 4- 4 Sketsa awal bottom bracket.....	23
Gambar 4-5 Desain 1	23
Gambar 4- 6 Desain 2.....	24
Gambar 4-7 Penyambungan frame dengan bottom bracket awal.....	24
Gambar 4-8 Desain final Bottom Bracket	25
Gambar 4-9 Assembly final.....	26
Gambar 4-10 Lokasi Fix Support	27
Gambar 4- 11 Lokasi Force	27
Gambar 4-12 Lokasi Material PLA.....	28
Gambar 4-13 Lokasi Material ASTM36	28
Gambar 4- 14 Technical Data Sheet PLA	29
Gambar 4-15 Cleaning Geometry	29
Gambar 4-16 Meshing	30
Gambar 4-17 Skewness Spectrum.....	30
Gambar 4-18 Hasil <i>von mises</i> 60 Kg	31
Gambar 4-19 Hasil <i>Deformation</i> 60 Kg	31
Gambar 4- 20 Tegangan Geser Maksimum 60 kg.....	32

Gambar 4-21 Hasil von mises 67 Kg	32
Gambar 4- 22 Hasil Deformation 67 Kg	33
Gambar 4- 23 Tegangan Geser Maksimum 67 kg.....	33
Gambar 4-24 Hasil von mises 69 Kg	34
Gambar 4- 25 Hasil Deformation 69 Kg	35
Gambar 4- 26 Tegangan Geser Maksimum 69 kg.....	36
Gambar 4- 27 Hasil von mises 70 Kg	37
Gambar 4- 28 Hasil Deformation 70 Kg	37
Gambar 4- 29 Tegangan Geser Maksimum 70 kg.....	38
Gambar 4- 30 Hasil von mises 80 Kg	39
Gambar 4- 31 Hasil Deformation 80 Kg	39
Gambar 4- 32 Tegangan Geser Maksimum 80 kg.....	40
Gambar 4-33 Nilai <i>safety factor</i> 80 kg	40
Gambar 4-34 Proses pencetakan bottom bracket	41
Gambar 4-35 Simulasi 3D Printer	42
Gambar 4-36 Hasil cetakan 3D printer.....	42
Gambar 4-37 Proses Laminasi.....	43
Gambar 4-38 Proses Finishing	44
Gambar 4-39 Assembly frame.....	44
Gambar 4-40 Proses Penyambungan frame dengan bottom bracket.....	45
Gambar 4-41 Sepeda final	45
Gambar 4-42 Kendala uji pertama.....	46
Gambar 4-43 Pergantian as roda	47
Gambar 4-44 Hasil pengujian jalan 1 km.....	47
Gambar 4-45 Spesifikasi balok uji	48
Gambar 4-46 Hasil pengujian melewati balok	48
Gambar 4-47 Hasil pengujian dengan satu tangan	49
Gambar 4-48 Hasil pengamatan bottom bracket setelah uji jalan	50
Gambar 4-49 Material <i>properties</i> PLA	50
Gambar 4-50 Material <i>properties</i> <i>Structural Steel</i>	51
Gambar 4-51 Penggunaan pipa asli sepeda jengki	53
Gambar 4-52 Sambungan bottom bracket PLA	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Virus Corona berhasil menyebar ke banyak negara dalam waktu singkat dan Indonesia merupakan salah satu negara yang terdampak virus corona sangat tinggi. Di Indonesia baru-baru ini penggunaan sepeda menjadi tren kembali. Dimana, hal itu terjadi dalam rentang hanya beberapa tahun terakhir (Alvian & Priyono, 2021). WHO telah menyarankan untuk memfokuskan penanganan pandemik pada aspek Kesehatan dengan menerapkan isolasi wilayah dan pelarangan aktivitas yang melibatkan kerumunan (Aeni, 2021). Pelarangan aktivitas diluar ruangan yang melibatkan kerumunan membuat masyarakat Indonesia merasakan stress, depresi, dan perasaan kebosanan. Hal ini membuat masyarakat mencari kegiatan yang dapat membantu meringankan stress, salah satunya yaitu olahraga. Salah satu olahraga yang dapat dilakukan diluar ruangan yaitu bersepeda. Selain meringankan stress dan depresi, Kegiatan bersepeda juga dapat digunakan untuk berolahraga yang dapat mengurangi resiko penyakit sendi, jantung, dan meningkatkan kekuatan koordinasi otot badan. Kebiasaan bersepeda sudah menjadi salah satu cara masyarakat Indonesia untuk menjaga tubuh agar tetap sehat dan mengisi waktu luang selama terjadinya masa pandemi Covid-19 (Putra, Kurniawan, & Puspodari, 2021).

Sepeda merupakan salah satu alat transportasi yang digunakan oleh semua orang dari berbagai kalangan usia. Kegiatan bersepeda juga dapat digunakan untuk berolahraga yang dapat mengurangi resiko penyakit sendi, jantung, dan meningkatkan kekuatan koordinasi otot badan. Alat ini tersusun dari sebuah *frame* dan dua buah roda dalam satu jalur, dimana pada bagian depan memiliki sistem pengendali arah dengan menggunakan setang, bagian belakang sebagai penggerak dengan cara dikayuh menggunakan pedal. Ada beberapa jenis sepeda antara lain Sepeda Gunung, Sepeda Balap, Sepeda BMX, Sepeda Lipat, Sepeda Onthel, dan sebagainya. Perbedaan karakteristik sepeda terdapat pada kualitas bahan, berat sepeda, desain sepeda, metode pembuatannya (Ballantine, 2000).

Sepeda tersebut tersusun dari beberapa bagian seperti *frame*, sadel, *headset*, *fork*, stem dan setang, rem, ban dan roda, *bracket* dan *crankset*. Sepeda yang

digunakan adalah sepeda jengki dikarenakan lebih ramah lingkungan, harga *frame* yang murah, bentuk *frame* yang sederhana. *Frame* menjadi bagian terpenting dari sebuah sepeda. Material – material yang biasa digunakan dalam pembuatan *frame* sepeda adalah alumunium, baja, titanium, dan *carbon fiber*. Dari sudut pandang konsumen sepeda, banyak orang tertarik dengan model sepeda yang berbeda dengan sebelumnya. Hal ini yang membuat proses produksi sepeda menjadi semakin sulit terutama dalam hal material *frame* dan penyambungan pembuatan *frame*.

Frame ialah penyangga dari konstruksi sebuah sepeda. Untuk itu kekuatan sebuah *frame* sangat berarti. Analisis desain konstruksi *frame* sepeda pada umumnya dapat dilakukan menggunakan cara manual ataupun melalui simulasi program. Mengingat konstruksi yang kompleks, maka untuk cara manual memiliki bermacam keterbatasan. Oleh sebab itu, untuk meningkatkan hasil yang optimal diperlukan sebuah *software Solidworks* dan *Ansys*. Pada *software* tersebut dilengkapi beberapa fitur yang dapat menunjang analisa distribusi tegangan *von mises*, *deformation*, serta *safety factor* dengan cepat dan akurat.

Dalam hal penyambungan *frame* umumnya masih dilakukan dengan proses pengelasan. Namun pengelasan memiliki kekurangan dalam penyambungan antar dua material berbeda seperti baja dengan karbon atau material lainnya. Oleh karena itu, dilakukan pergantian sambungan las dengan komponen penyambung dari material komposit berbahan PLA yang dicetak menggunakan *3D Printer* dan dilakukan laminasi pada setiap bagian sambungan *frame* khususnya pada bagian *bottom bracket*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengoptimasi desain sehingga dapat membuat sambungan *bottom bracket* dengan bahan *3D print* yang diperkuat laminasi *fiberglass*?
2. Bagaimana proses pencetakan produk sambungan *bottom bracket* berbahan dasar PLA?

3. Bagaimana hasil pengujian jalan sepeda sesuai dengan standar SNI 1049:2008?

1.3 Batasan Masalah

Agar tujuan dari penulisan tugas akhir lebih sistematis, maka batasan masalah diperlukan. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan material PLA untuk pembuatan sambungan *frame* sepeda.
2. Produk yang dianalisis khusus sambungan pada *bottom bracket*.
3. Desain sepeda menggunakan *software Solidworks*.
4. Analisis menggunakan *software Ansys*.
5. Laminasi menggunakan metode *hand lay up*.
6. Tidak melakukan perhitungan teoritis.
7. Hanya melakukan pengujian jalan sepeda sesuai SNI 1049:2008.

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan pada perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Mengoptimasi desain sehingga tidak terjadi perubahan dimensi yang signifikan pada sambungan *bottom bracket* sepeda.
2. Membuat produk sambungan *bottom bracket* sepeda menggunakan *3D Printer*.
3. Mengetahui hasil pengujian jalan sepeda sesuai SNI 1049:2008.

1.5 Manfaat Perancangan

Manfaat dari perancangan ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan studi baru tentang alternatif pembuatan sambungan *bottom bracket* sepeda.
2. Dapat mengetahui material pengganti komponen sambungan *bottom bracket* sepeda yang ringan dan kuat.
3. Dapat mengetahui kekuatan sambungan *frame* sepeda menggunakan komposit *3D Printer*.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika laporan. Secara umum pada bab ini berisi tentang permasalahan yang akan diuji.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang dasar-dasar ilmu yang mendukung pengerjaan tugas akhir. Pada bab ini terdiri dari 2 sub bab utama yaitu kajian pustaka dan dasar teori. Kajian pustaka berisi tentang penelitian atau perancangan terdahulu, sedangkan dasar teori sebagai bahan pendukung dalam bentuk fakta yang mempunyai keterkaitan dengan perancangan yang dilakukan.

BAB III METODE PERANCANGAN

Bab ini berisikan tentang langkah-langkah yang dilakukan untuk memperoleh hasil yang diinginkan dalam perancangan ini, baik langkah-langkah permodelan maupun langkah-langkah simulasi. Secara garis besar bab ini memuat tentang alur perancangan yang dijelaskan menggunakan diagram alir dan bagaimana produk dibuat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang analisis data hasil perancangan yang telah dilakukan untuk mendapatkan suatu kesimpulan. Pada bab ini memuat hasil simulasi dan hasil uji jalan sesuai standar SNI 1049:2008.

BAB V PENUTUP

Bagian ini berisi kesimpulan hasil dan saran untuk perancangan selanjutnya. Kesimpulan yang didapatkan merupakan jawaban dari rumusan masalah yang dipertanyakan. Saran yang akan diberikan adalah solusi kepada peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Berdasarkan perancangan yang dilakukan oleh (Diyan Nicholas, 2018) mengenai Pembuatan Sambungan *Part Seat Tube* pada Sepeda Menggunakan 3D Printer Berdasarkan *Topology Optimization Design*. Pada perancangan ini dijelaskan bahwa *software* yang digunakan untuk melakukan simulasi yaitu *ANSYS 18* dan menggunakan standar *CEN 14766* yaitu beban sebesar 1200 N. Hasil *maximum stress* yang didapatkan pada pengujian *Peddaling Forces* sebesar 6,48 MPa, kemudian pada pengujian *Horizontal Forces* sebesar 3,13 MPa, dan pada pengujian *Vertical Loads* sebesar 2,17 MPa.

Berdasarkan perancangan yang dilakukan oleh (Dandi, et al., 2019) mengenai Perancangan *Frame* Sepeda MTB Menggunakan *Software Autodesk Inventor 2015* dijelaskan bahwa *software* yang digunakan adalah *Autodesk Inventor 2015* dan fokus pada analisis pembebanan statis dengan beban yang bervariasi 65 Kg, 80 Kg, 95 Kg. Hasil simulasi yang diperoleh yaitu *von mises stress* sebesar 74,62 MPa, *displacement* maksimal sebesar 0,30 mm dan untuk *safety factor* minimal sebesar 3,35.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Victor, et al., 2022) mengenai Analisis Rangka *Roadbike* dengan Material Komposit Karbon dan Baja Menggunakan Metode Elemen Hingga. Pada penelitian ini menggunakan *software Solidworks 2015* dan *Finite Element Method* menggunakan beban 65 Kg. Terdapat 2 rangka yang dianalisis dengan masing-masing hasil *von mises stress* sebesar 51,44 MPa untuk rangka 1 dan 39,89 MPa untuk rangka 2, lalu untuk nilai *safety factor* pada rangka 1 sebesar 8,26 dan nilai *safety factor* pada rangka 2 sebesar 8,30.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh (Zainal & Panji, 2021) mengenai Analisis Struktur Sepeda Lipat IZI ARC 16 dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga dijelaskan bahwa *software* yang digunakan adalah *Solidworks* dan analisa menggunakan *Finite Element Method* dengan beban 60 Kg. Hasil *maximum stress* yang didapatkan sebesar 58 MPa dan nilai *safety factor* sebesar 10.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Ajiman, et al., 2022) mengenai Analisa Pengaruh Kekuatan Material pada Rangka Sepeda Listrik dengan Profil *Rectangular Tube* Terhadap Material Aluminium 6061 dan Baja AISI 1020 menggunakan *Software Ansys Workbench*. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa *software* yang digunakan adalah *Solidworks* untuk melakukan desain dan *Ansys Workbench* untuk simulasi. Hasil yang didapatkan adalah *maximum equivalent stress* sebesar 84,85 MPa pada material baja AISI 1020 dan 84,06 MPa untuk material Aluminium 6061, kemudian untuk nilai deformasi pada baja AISI 2020 sebesar 0,108 mm dan Aluminium 6061 sebesar 0,305 mm, lalu nilai *safety factor* baja AISI 1020 sebesar 2,38 dan nilai *safety factor* Aluminium 6061 sebesar 1,55.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Ahmad, et al., 2015) berjudul Optimasi Rangka Sepeda Berbahan Baku Komposit Berbasis Metode Anova. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa dilakukan simulasi terhadap kondisi optimum desain rangka sepeda menggunakan *software Pro Engineer* berbasis *Finite Element Methode* dengan beban 90 Kg dan perhitungan analisis menggunakan metode Anova. Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan, dapat diketahui bahwa *von mises stress* terbesar pada bagian *head tube* dengan nilai 1,5 MPa, dan besar regangan yaitu 6,61 MPa.

Pada penelitian (Shohihatul, et al., 2019) mengenai Desain Sepeda yang Mendukung Aktivitas dan Gaya Hidup Masyarakat Kota Metropolitan dengan Konsep Mudah Dibawa dan Ringan. Pada penelitian ini dijelaskan bahwa sepeda memiliki desain yang *compact*, dapat dilipat, dan saat dilakukan *usability testing* mendapatkan hasil bahwa sepeda mampu menopang beban hingga 75 kg.

Pada perancangan yang dilakukan oleh (Jaller, et al., 2021) mengenai Perancangan Struktur *Road Bike Frame* Menggunakan Aluminium 6063 Melalui Proses Optimalisasi Perlakuan Panas. Pada perancangan ini menggunakan *software Solidworks 2017* dan metode *Precipitation Hardening* dengan beban 80 kg. Hasil yang diperoleh adalah nilai tegangan tarik sebesar 199 MPa pada suhu 155°C dan 123 MPa pada suhu 175°C.

Pada perancangan yang dilakukan oleh (Bambang, et al., 2016) dengan judul Perancangan dan Analisis Kekuatan *Frame* Sepeda Hibrid “TRISONA”

Menggunakan *Software Autodesk Inventor* dijelaskan bahwa penelitian ini bertujuan untuk merancang dan melakukan analisis terhadap *frame* dengan variasi beban 0 – 95 kg menggunakan *software Autodesk Inventor*. *Von mises stress* yang dihasilkan sebesar 103,9 MPa, *deformation* sebesar 0,238 mm, dan *safety factor* minimum sebesar 1,99.

Berdasarkan perancangan yang dilakukan oleh (Bakti, 2019) mengenai Desain dan Pembuatan Sepeda Bambu *Knockdown*. Pada perancangan ini menggunakan *software Solidworks 2013*, material yang digunakan saat pembuatan produk adalah Bambu. Hasil dari perancangan yaitu terciptanya sepeda dengan *system knockdown* atau bongkar pasang rangka.

Berdasarkan penelitian dan perancangan terdahulu terdapat beberapa metode antara lain metode *Anova*, *Finite Element Method*, dan *Precipitation Hardening*. Penggunaan *software* yang digunakan meliputi *Solidworks*, *Autodesk Inventor*, dan *Ansys*. Pada perancangan kali ini menggunakan *software Solidworks* dan *Ansys* untuk melakukan analisis structural dengan fokus pembahasan *von mises*, *deformation*, dan *safety factor*. Kemudian terdapat perbedaan material dengan perancangan terdahulu yaitu menggunakan material PLA yang kemudian dicetak memakai *3D Printer* dan dilakukan laminasi resin *fiberglass*.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sepeda

Sepeda merupakan suatu alat transportasi yang digunakan oleh masyarakat umum dari berbagai kalangan. Selain menjadi alat transportasi, sepeda juga dijadikan sebagai hobi yang diminati masyarakat karena dengan bersepeda dapat membuat masyarakat lebih sehat dan cinta terhadap lingkungan (Pribadi, 2015). Dalam kegiatan sehari-hari, sepeda memiliki peran sebagai alat transportasi yang dioperasikan secara manual dengan menggunakan pedal yang dikayuh oleh tenaga manusia. Sepeda memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak memerlukan bahan bakar, ramah lingkungan, harganya relatif murah, dan ringan saat digunakan. Namun di sisi lain, sepeda juga mempunyai kekurangan pada daya jelajah dan kecepatannya (Setyono dan Hamid, 2016). Kemudian untuk menjadi sebuah sepeda yang dapat dioperasikan dengan baik, dibutuhkan beberapa aspek yang

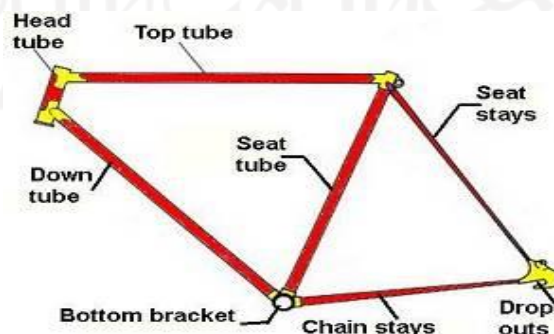
dapat mempengaruhi kinerja baik kecepatan, kekuatan dan sebagainya. Dengan demikian alat dan bahan yang digunakan juga harus memiliki kekuatan yang dapat menopang beban manusia. Secara umum sepeda yang banyak kita gunakan terbuat dari material baja, aluminium, titanium atau serat karbon. Beberapa material alternatif juga digunakan seperti bambu, kayu, atau plastik namun jumlahnya tidak banyak. Gambar 2-1 menunjukkan sepeda onthel jengki.



Gambar 2-1 Sepeda Onthel Jengki

2.2.2 *Frame*

Salah satu komponen utama dalam perancangan sepeda adalah *frame*. Terdapat beberapa jenis bahan *frame* sepeda antara lain *frame* besi, *frame* chromoly, *frame* aluminium, *frame* carbon, dan *frame* titanium (Tunar, 2018). Setiap *frame* mempunyai ciri khas dan karakteristiknya tersendiri. *Frame* yang paling ringan adalah *frame* karbon dan *frame* yang terkuat yaitu *frame* titanium. Namun *frame* yang sering digunakan adalah yang terbuat dari material besi. Hal itu dikarenakan harganya murah dan biasanya untuk pengguna dengan kelas menengah ke bawah. Bagian – bagian *frame* dapat ditunjukkan pada gambar 2-2.



Gambar 2-2 *Frame Mountain Bike*

2.2.3 Bottom bracket

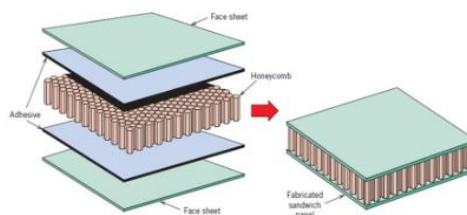
Bottom bracket merupakan komponen sepeda yang menghubungkan *crankset* pada *frame* sepeda, dan membuat *crankset* dapat berputar bebas. Posisi *bottom bracket* yaitu ada dipertemuan antara *frame* seat dengan down tube yang disebut *bottom bracket shell*. *Bottom bracket* juga disebut ruang mesin sepeda, karena tanpa *bottom bracket* sepeda tidak dapat dikayuh (Tunar, 2018). Bentuk *bottom bracket* dapat ditunjukkan pada gambar 2-3.



Gambar 2-3 *Bottom bracket*

2.2.4 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari gabungan dua atau lebih material pembentuk melalui cairan yang tidak homogen, dimana sifat mekanik dari masing-masing material tersebut berbeda (Matthews dkk., 1993). Komposit terdiri dari dua bagian yaitu matrik dan *filler*. Matrik digunakan sebagai pengikat komposit dan berfungsi untuk melindungi komposit (Nayiroh, 2013). *Filler* sebagai pengisi komposit. Bahan komposit mempunyai beberapa keunggulan antara lain berat jenisnya rendah namun kekuatannya tinggi, tahan terhadap korosi, dan biaya pembuatan yang lebih murah. Struktur komposit dapat ditunjukkan pada gambar 2-4.



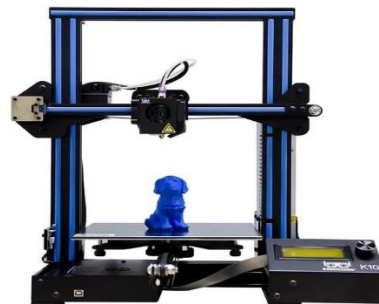
Gambar 2-4 Struktur Komposit

Berdasarkan matrik, komposit terdiri dari 3 kelompok yaitu:

1. Komposit matrik polimer
2. Komposit matrik logam
3. Komposit matrik keramik

2.2.5 *Printer 3D*

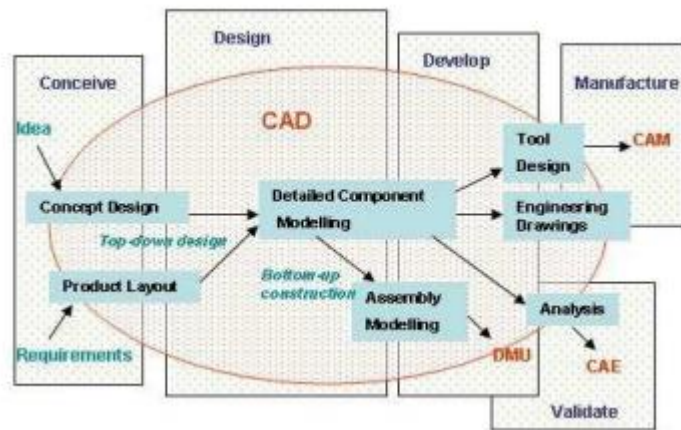
3D Printing merupakan suatu proses pembuatan objek solid tiga dimensi dari suatu model digital yang skematis. *3D printer* adalah sebuah *printer* yang menampilkan data dalam bentuk cetakan, namun berbeda dengan printer biasanya yang mencetak data dalam bentuk kertas ataupun lembaran lainnya. (Rahman Hakim et al, 2019). Penciptaan objek 3D dilakukan menggunakan proses *additive* yaitu dengan meletakkan suatu bahan atau material lapis demi lapis sampai objek tersebut terbentuk. Mesin *3D Printer* dapat ditunjukkan pada gambar 2-5.



Gambar 2-5 Mesin *3D Printer*

2.2.6 *Computer Aided Design (CAD)*

Computer Aided Design (CAD) merupakan perangkat yang berbasis komputer yang digunakan sebagai platform pemodelan produk 2D/3D oleh insinyur teknik, arsitek, profesional perancangan yang bekerja dalam perancangan. CAD sering digunakan dalam perancangan alat dan perlengkapan yang digunakan dalam komponen-komponen manufaktur (Ningsih, 2005). Gambar 2-6 menunjukkan fungsi CAD.



Gambar 2-6 Computer Aided Design (CAD)

Sumber: (Ningsih, 2005)

a. Solidworks

Solidworks merupakan salah satu *software* CAD yang digunakan untuk merancang *part* permesinan dan *assembly* dalam bentuk 3D. Perangkat lunak ini juga memuat beberapa fitur salah satunya dapat digunakan untuk melakukan simulasi. *Software solidworks* dapat ditunjukkan pada gambar 2-7.



Gambar 2-7 Solidworks

b. Ansys

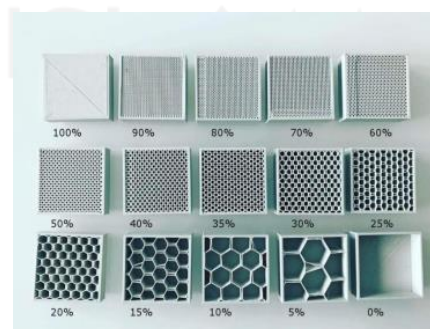
Ansys adalah *software* berbasis elemen hingga yang dapat mendeskripsikan suatu model dengan ketelitian yang tinggi. *Ansys* dapat digunakan untuk berbagai macam kebutuhan CAE seperti analisis struktur dan thermal, *engineering data*, *meshing application*, dan lain-lain. Gambar 2-8 menunjukkan *software Ansys*.



Gambar 2-8 Ansys

2.2.7 Infill

Infill adalah suatu pola di dalam objek yang digunakan sebagai struktur support agar bias dicetak di *3D Printer*. Biasa juga disebut dengan padatan dalam *3D printing*. Biasanya beberapa objek tidak dapat diprint tanpa adanya *infill*. Semakin banyak *infill* yang ada, semakin padat dan tahan lama objek tersebut akan terbentuk. Berikut beberapa contoh *infill* yang biasa digunakan. Variasi *infill* dapat ditunjukkan pada gambar 2-9.



Gambar 2-9 Variasi *Infill*

Semakin besar presentase *infill* maka semakin padat isi dan dalam *3D printing* tersebut.

2.2.8 Fiberglass

Komposit merupakan kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan antara materialnya. Dimana, hal ini karena material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya (Gibson, 1994). Umumnya bahan komposit terdiri dari dua unsur, yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang dikenal dengan matriks. Bahan serat biasanya menggunakan bahan yang kuat, kaku, dan getas, sedangkan bahan matriksnya dipilih dengan bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia. Komposit pada umumnya terdiri dari dua fasa yaitu : Matriks /penguat pada pembuatan komposit, dan *reinforcement* atau *filler / fiber* (Siregar et al., 2016).

2.2.9 Teori kegagalan (*fatigue*)

Dalam merancang suatu desain teknik, salah satu hal dasar yang perlu dipertimbangkan adalah menentukan batas tegangan atas dan batas tegangan bawah yang akan diterima material tersebut. Batas tegangan ini akan menghasilkan tegangan yang berfluktuasi (Budynas & Nisbett, 2011). Kegagalan sering terjadi dalam berbagai wujud seperti yielding, retak, patah, korosi, aus, dan lain-lain. Dan penyebab terjadinya kegagalan juga berbagai macam faktor, seperti salah desain, bebas operasional, kesalahan *maintenance*, cacat material, temperatur, lingkungan, dan lain-lain. Dalam beberapa kasus, kegagalans erring terjadi akibat beban mekanis yang berhubungan dengan jenis tengangan pada komponen mesin (Syarifuddin, 2015).

a. Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah suatu besaran pengukuran intensitas gaya atau reaksi dalam yang menimbulkan persatuan luas. Tegangan dibedakan menjadi dua yaitu *engineering stress* dan *true stress*. Dalam praktek teknik, gaya umumnya diberikan dalam pound atau newton, dan luas yang menahan dalam inch² atau mm². Hal ini mengakibatkan tegangan biasanya dinyatakan dalam pound/inch² yang sering disingkat psi atau Newton/mm² (MPa) (Budynas & Nisbett, 2015).

b. Deformasi

Deformasi terjadi apabila bahan dikenai suatu gaya. Selama proses deformasi berlangsung, material menyerap energi sebagai akibat adanya gaya yang bekerja. Sebesar apapun gaya yang bekerja pada suatu material, maka material tersebut akan mengalami perubahan dari segi bentuk dan dimensi. Penambahan beban yang mengalami kekuatan tertinggi tidak dapat dilakukan karena bahan tersebut telah mengalami deformasi total (Didik et al., 2015).

c. Kriteria *Von Mises*

Von Mises (1913) dalam (Mahyanto & Sapto, 2017) menyatakan bahwa terjadi luluh bilamana invarian kedua deviator tegangan J_2 melampaui harga kritis tertentu. Dengan kata lain luluh akan terjadi ketika energi distorsi atau energi

regangan geser dari material mencapai suatu nilai kritis tertentu. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa energi distorsi adalah bagian dari energi regangan total per unit volume yang terlibat di dalam perubahan bentuk.

$$J_2 = k_2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Dalam ilmu material dan teknik, kriteria luluh *von Mises* dapat juga diformulasikan dalam *von Mises stress* atau *equivalent tensile stress*, σ_v , nilai tegangan scalar dapat dihitung dari tensor tegangan. Dalam kasus ini, material dikatakan mulai luluh ketika tegangan *von Mises* mencapai nilai kritis yang diketahui sebagai *yield strength*. Tegangan *von Mises* digunakan untuk memprediksi tingkat keluluhan material terhadap kondisi pembebanan dari hasil pengujian tarik *simple* uniaksial.

d. Safety Factor

Kekuatan suatu struktur seharusnya melebihi kekuatan yang dibutuhkan. Perbandingan dari kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang dibutuhkan disebut *safety factor*. Dimana jika ingin menghindari kegagalan, maka *nilai safety factor* yang dihasilkan harus lebih dari 1. Jika faktor keamanan sangat rendah, maka kemungkinan terjadinya kegagalan tinggi dan hal itu mengakibatkan rancangan yang dibuat (desain) tidak diterima. Namun sebaliknya jika faktor keamanan yang dihasilkan sangat besar, maka struktur yang dibuat boros material dan menyebabkan tidak sesuainya fungsi dari struktur desain yang dibuat (Mahyanto & Sapto, 2017).

2.2.10 Pengujian Jalan SNI 1049:2008

SNI merupakan Standar Nasional Indonesia yang tercantum dalam Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 30 Tahun 2018 tentang Pemberlakuan Standar Nasional Indonesia Sepeda Roda Dua Secara Wajib. Terdapat beberapa pengujian dalam SNI 1049:2008, salah satunya adalah uji jalan yang meliputi beberapa parameter seperti sepeda harus dikendarai sejauh 1 kilometer, sepeda mampu melewati balok uji, sepeda mampu dikendarai 22km/jam, dan sepeda dapat di kendarai dengan satu tangan.

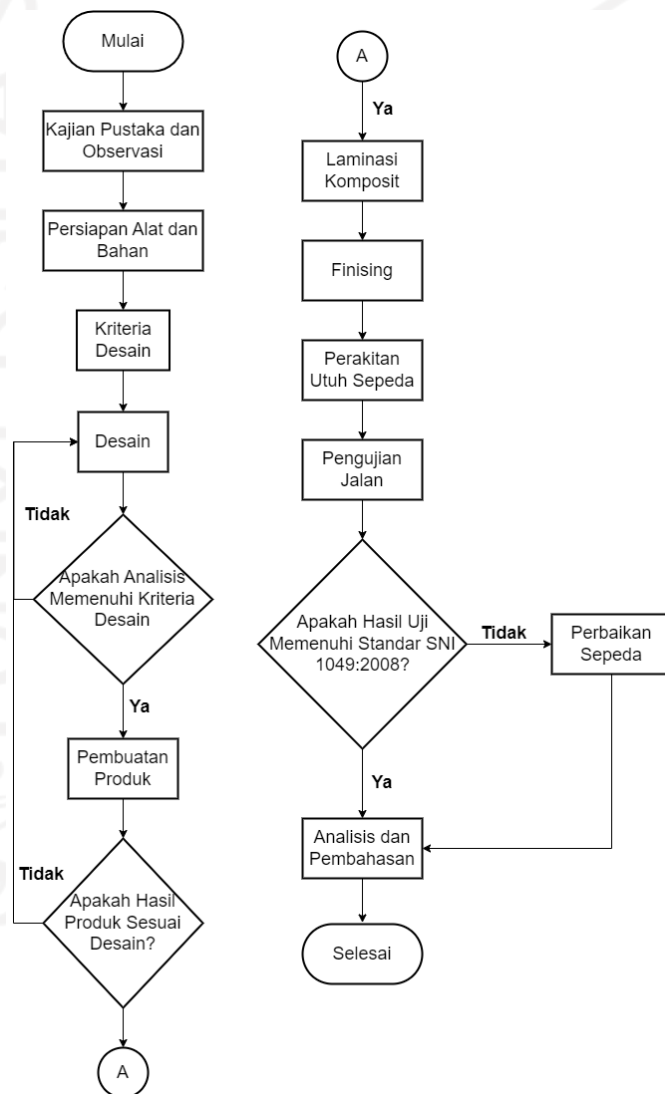
BAB III METODE PERANCANGAN

3.1 Objek Perancangan

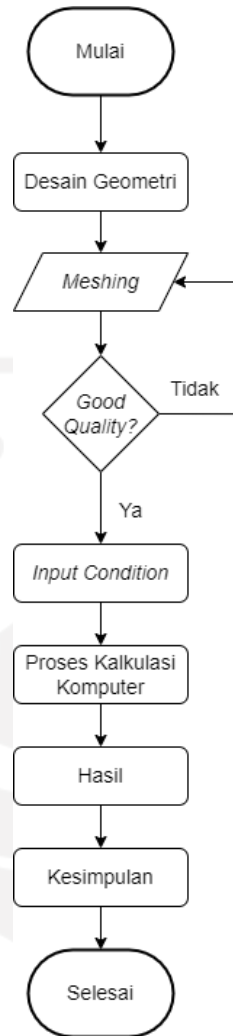
Objek pada perancangan ini menggunakan *frame* sepeda jengki *phoenix*.

3.2 Alur Perancangan

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai langkah – langkah dalam perancangan, maka dibuatlah diagram alir perancangan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3-1 dan gambar 3-2.



Gambar 3-1 Diagram Alir



Gambar 3- 2 Diagram Alir Analisis

3.3 Peralatan dan Bahan

Alat merupakan segala sesuatu yang digunakan untuk membantu proses pembuatan produk, dan bahan merupakan barang yang diperlukan dan sesuatu yang digunakan. Pada pembuatan sambungan *bottom bracket* sepeda membutuhkan beberapa alat dan bahan guna mendukung terciptanya produk yang baik, sehingga perlu dipersiapkan dengan pertimbangan yang matang.

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan untuk perancangan sambungan *bottom bracket* menggunakan *3D printer* berbahan dasar PLA adalah sebagai berikut:

1. Komputer berfungsi untuk membuat desain 3D dan menganalisis desain.

2. Mesin *3D printer* berfungsi untuk mencetak produk yang sudah didesain sebelumnya menggunakan komputer.
3. Gerinda berfungsi untuk menghaluskan dan meratakan produk sambungan *bottom bracket*.
4. Kuas berfungsi untuk mengoleskan resin pada permukaan produk sambungan *bottom bracket*.
5. Gunting berfungsi untuk membuat pola *fiberglass* yang ditempelkan pada setiap permukaan produk sambungan *bottom bracket*.
6. Amplas berfungsi untuk menghaluskan bagian sudut produk agar tidak terlalu lancip.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk perancangan sambungan *bottom bracket* menggunakan *3D printer* berbahan dasar PLA adalah sebagai berikut:

1. *Polylactic Acid (PLA)* berfungsi sebagai bahan dasar pembuatan produk pada *3D printer*.
2. Resin berfungsi sebagai bahan perekat *fiberglass* dengan permukaan produk.
3. Katalis berfungsi sebagai campuran resin agar proses perekatan menjadi lebih cepat.
4. Aerosil berfungsi sebagai bahan campuran komposit *fiberglass* agar produk menjadi keras namun tetap lentur.
5. *Fiberglass* berfungsi sebagai skin pada produk yang sudah dibuat.
6. Lem berfungsi untuk menyambungkan produk dengan *frame*.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan dengan *study literature*, yaitu mencari dan mengumpulkan data dari internet, buku referensi, jurnal yang relevan dengan topik perancangan.

3.5 Variabel Perancangan

Pada perancangan ini menggunakan dua jenis variabel yang digunakan dalam membantu menganalisis perancangan *bottom bracket* sepeda.

3.5.1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang digunakan yaitu beban pengendara sebesar 60 kg, 67 kg, 69 kg, 70 kg, dan 80 kg.

3.5.2. Variabel Tak Bebas

Variabel tak bebas yang digunakan adalah distribusi tegangan, *deformation*, dan *safety factor*.

3.6 Kriteria Desain

Dalam sebuah perancangan kita membutuhkan konsep desain atau kriteria desain agar produk perancangan kita sesuai dengan yang diharapkan. Berikut kriteria desain yang dibuat agar produk perancangan sesuai dengan tujuan:

1. Kuat, mampu dikendarai/dinaiki dengan maksimal beban 80kg sesuai SNI 1049:2008.
2. Tetap menggunakan pipa asli dari sepeda jengki.
3. Menggunakan bahan PLA pada sambungan *bottom bracket*.

3.7 Perancangan

3.7.1 Desain

Proses pembuatan desain sambungan *bottom bracket* memerlukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pembersihan cat pada *frame* sepeda.
2. Pengukuran dimensi *frame* sepeda.
3. Pembuatan sketsa awal secara manual menggunakan pensil.
4. Pembuatan desain menggunakan *software solidworks*.
5. *Assembly part bracket* yang sudah dibuat.
6. Proses analisis menggunakan *software ansys*.

3.7.2 Analisis Statical Structure

Dalam perancangan sambungan *bottom bracket* sepeda dibutuhkan konstruksi yang aman sehingga metode analisis *statical structure* dimulai dengan membuat sketsa desain menggunakan *software solidworks*, mengisi tabel material

properties, menentukan lokasi *force*, *fix support* dan memasukkan beban secara bervariasi pada *software ansys*. Hasil dari analisis tersebut meliputi distribusi tegangan, *deformation*, *shear stress* dan *safety factor*.

3.8 Pembuatan Produk

3.8.1 Proses 3D Printing

Setelah proses desain selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan produk menggunakan 3D *printing*. Pada proses ini melalui beberapa tahap sebagai berikut:

1. Persiapan desain sambungan *bottom bracket*.
2. Pengaturan posisi *print* objek pada 3D *printer*.
3. Pengaturan *infill*.
4. Pengaturan orientasi *printing*.
5. Pengaturan suhu.
6. Proses pencetakan *bracket*.
7. Proses pelepasan hasil produk *bracket* dari *bed* 3D *printer*.
8. Pembersihan support dari hasil produk *bracket*.

3.9 Proses Perakitan

Pada proses perakitan dilakukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pembuatan pola *fiberglass* untuk sambungan *bottom bracket*.
2. Proses laminasi komposit.
3. Proses pengeringan *bracket* yang sudah dilaminasi.
4. Proses *finishing* produk.
5. Penyambungan *bottom bracket* dengan *frame*.
6. Pemasangan kelengkapan sepeda.

3.10 Pengujian

Pada perancangan ini dilakukan pengujian jalan dengan melakukan beberapa tahap sebagai berikut:

1. Persiapan sepeda lengkap.

2. Persiapan tempat pengujian jalan.
3. Persiapan lintasan pengujian.
4. Persiapan balok uji.
5. Proses pengujian sesuai parameter uji jalan.
6. Pencatatan hasil pengujian jalan.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pembuatan *Part* Sambungan

Proses pembuatan part sambungan diawali dengan melakukan pemilihan desain yang sudah dibuat sebelumnya. Kemudian dilakukan optimasi dan analisis pada desain tersebut agar sesuai dengan *frame* yang dipilih. Selain itu, produk yang dibuat juga harus kuat dan mampu memenuhi standar pengujian jalan SNI 1049:2008.

4.1.1 Hasil Pembersihan Cat pada *Frame*

Frame yang sudah dibersihkan kemudian dicuci menggunakan air agar sisa kotoran tidak menempel. Kondisi *frame* setelah dilakukan proses pembersihan cat dapat ditunjukkan pada gambar 4-1.



Gambar 4-1 Kondisi *frame* setelah proses pembersihan cat

Pada perancangan ini berfokus pada pembuatan sambungan *bottom bracket* pada sepeda, hasil *bottom bracket* setelah dilakukan proses pembersihan cat dapat ditunjukkan pada gambar 4-2.



Gambar 4-2 Kondisi *bottom bracket* setelah proses pembersihan cat

4.1.2 Pengukuran Dimensi *Frame* dan *Bottom Bracket*

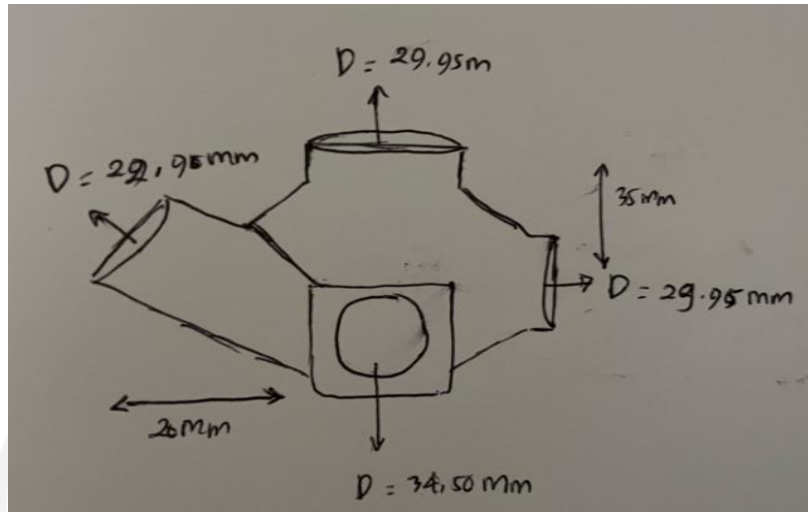
Proses ini bertujuan untuk melakukan pengukuran pada *frame* asli khususnya bagian *bottom bracket* untuk mengetahui hasil pengukuran yang valid sehingga tidak terjadi perbedaan geometri antara *frame* asli dan desain produk yang dibuat menggunakan *software solidworks*. Gambar 4-3 menunjukkan pengukuran *frame* dan *bottom bracket*.



Gambar 4- 3 Pengukuran *frame* dan *bottom bracket*

4.1.3 Pembuatan Sketsa Awal

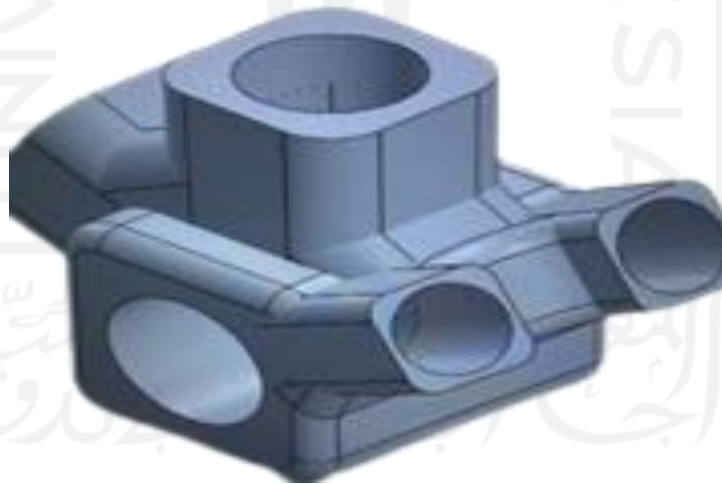
Dibutuhkan pembuatan sketsa agar memudahkan dalam membuat desain pada *software solidworks*. Sketsa awal *bottom bracket* dapat ditunjukkan pada gambar 4-4.



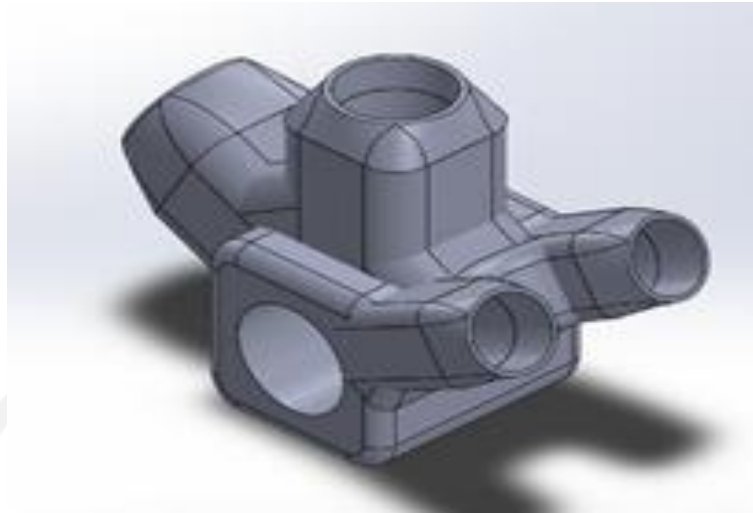
Gambar 4- 4 Sketsa awal *bottom bracket*

4.1.4 Pembuatan Desain pada *Solidworks*

Setelah proses sketsa selesai, dilanjutkan dengan pembuatan *prototype* produk menggunakan pemodelan 3D menggunakan *solidworks*. Terdapat dua desain pada perancangan ini. Gambar 4-5 menunjukkan desain 1. Gambar 4-6 menunjukkan desain 2.



Gambar 4-5 Desain 1



Gambar 4- 6 Desain 2

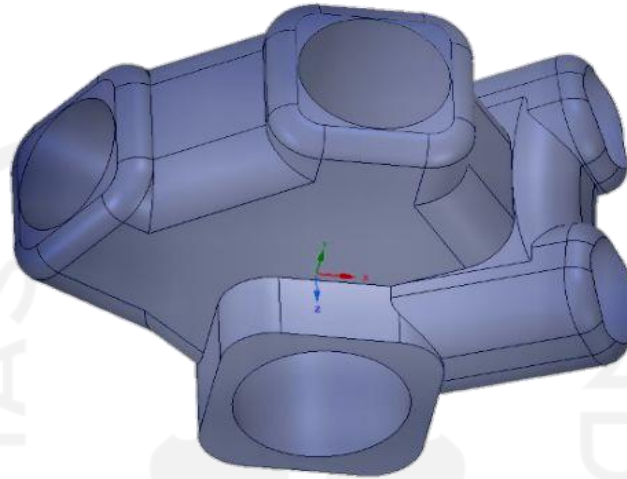
Setelah melakukan desain *bottom bracket*, kemudian dilakukan percobaan pencetakan produk pertama namun mengalami kegagalan dikarenakan lubang yang terlalu kecil dan *infill* yang kurang padat yaitu dengan nilai 80%. Hal itu menyebabkan produk mengalami keretakan dan perlu dilakukan desain ulang. Penyambungan antara *frame* dengan *bottom bracket* awal dapat ditunjukkan pada gambar 4-7.



Gambar 4-7 Penyambungan *frame* dengan *bottom bracket* awal

Proses cetak produk pertama selesai dan dilakukan penyambungan, dapat dilihat bahwa desain awal masih mempunyai banyak kekurangan, sehingga

dibuatlah desain baru yang dapat memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu dengan melakukan penambahan diameter setiap lubang dan penebalan pada *bracket*. Desain final dapat ditunjukkan pada gambar 4-8.



Gambar 4-8 Desain final *Bottom Bracket*

Setelah proses desain final selesai, dilakukan *assembly* antara *frame* dengan *bottom bracket* yang sudah dibuat menggunakan *software solidworks*. *Assembly* tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa setiap bagian dapat dipasang dengan baik dan tidak mengalami pergeseran atau lubang yang tidak cocok dengan *frame*. Apabila hasil *assembly* sudah terpasang dengan baik, lalu dilakukan proses analisis pada setiap bagian yang sudah dibuat yaitu sambungan *bottom bracket*, *drop out*, *head tube*, dan *seat tube* dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan dan faktor keamanan pada setiap produk sambungan tersebut. *Assembly* final dapat ditunjukkan pada gambar 4-9.



Gambar 4-9 *Assembly final*

4.2 *Static Structure*

Pengujian *static structure* menggunakan *software Ansys* dengan fokus pembahasan adalah tegangan *equivalent (von mises)*, *deformation*, *shear stress* dan *safety factor* pada *bottom bracket*. Pada pengujian ini memuat beberapa tahap antara lain:

1. Variasi beban

Analisis struktural dengan variasi beban 60 kg, 67 kg, 69 kg, 70 kg, 80 kg (600 N, 670 N, 690 N, 700 N, 800 N).

2. Penentuan lokasi *force* dan *fix support*

Pada lokasi *fix support A*, terletak pada bagian bawah *head tube*, kemudian untuk *fix support B* dan *C* pada bagian bawah *drop out*. Lokasi *force* pada bagian atas *seat tube* dengan variasi beban 60kg, 67kg, 69kg, 70kg, 80kg arah vertikal. Gambar 4-10 menunjukkan lokasi *fix support*. Gambar 4-11 menunjukkan lokasi *force*.



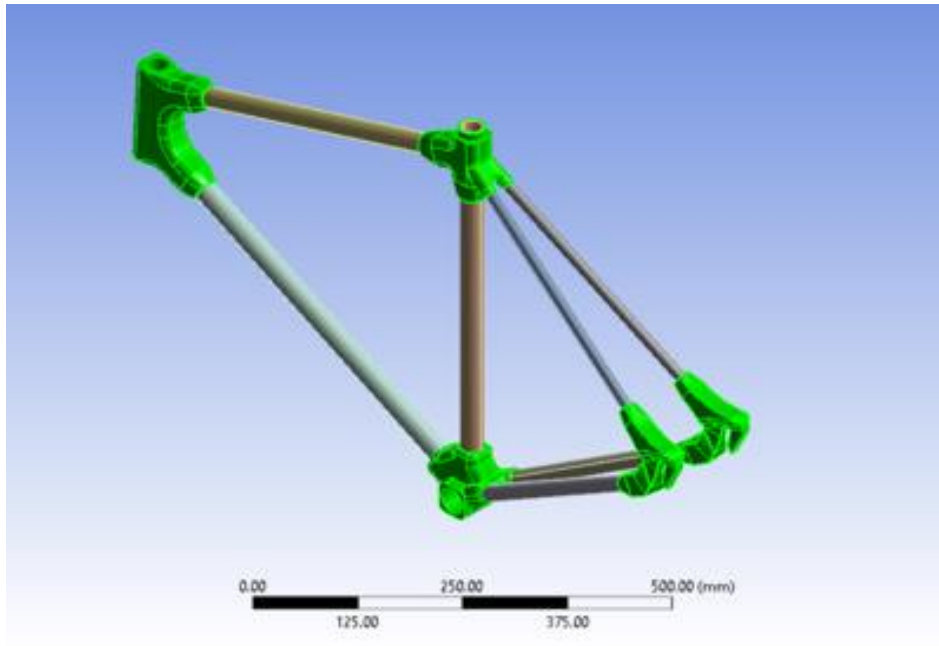
Gambar 4-10 Lokasi *Fix Support*



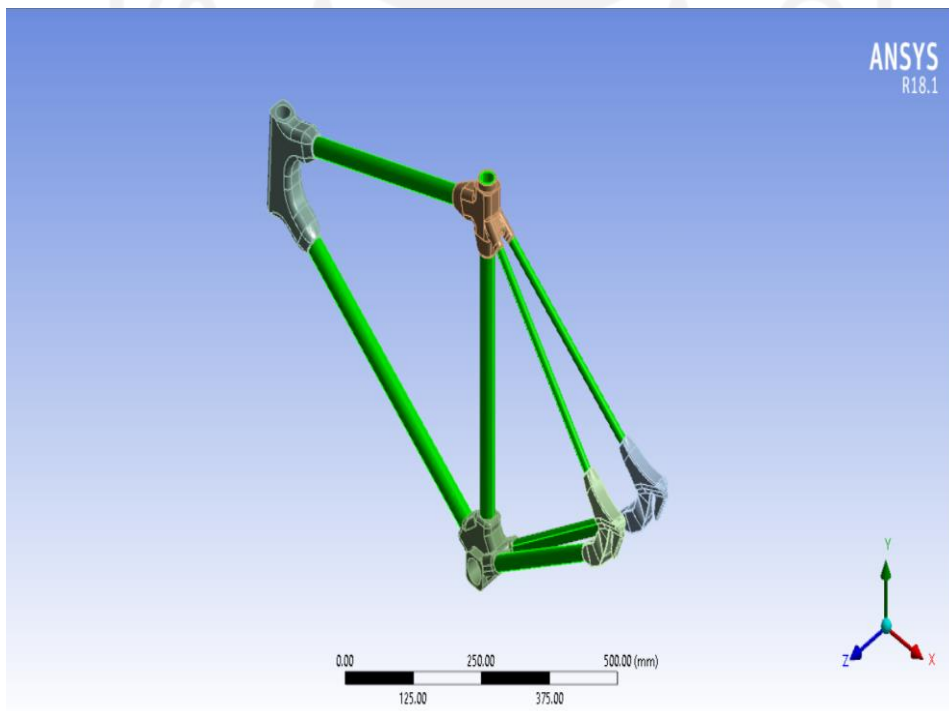
Gambar 4- 11 Lokasi *Force*

3. Penentuan Lokasi Material *Steel* dan PLA

Material yang digunakan yaitu *Steel Structural* (ASTM A36) dan PLA. Gambar 4-12 menunjukkan lokasi material PLA. Gambar 4-13 menunjukkan lokasi material ASTM A36.



Gambar 4-12 Lokasi Material PLA



Gambar 4-13 Lokasi Material ASTM36

4. *Constraint Material*

Menggunakan costum material PLA dengan mengacu pada data sheet. Data sheet PLA dapat ditunjukkan pada gambar 4-14.

Tensile Properties		
ASTM D638 - Type V		
Property	Imperial	Metric
Toughness*	7.7 ft·lb/in ²	16.2 KJ/m ²
Tensile Modulus	293000 psi	2.3 GPa
Ultimate Tensile Strength	7080 psi	26.4 MPa
Tensile Strength at Yield	8840 psi	35.9 MPa
Elongation at Yield	2%	2%
Elongation at Break	4%	4%

Gambar 4- 14 *Technical Data Sheet PLA*

5. *Cleaning Geometry*

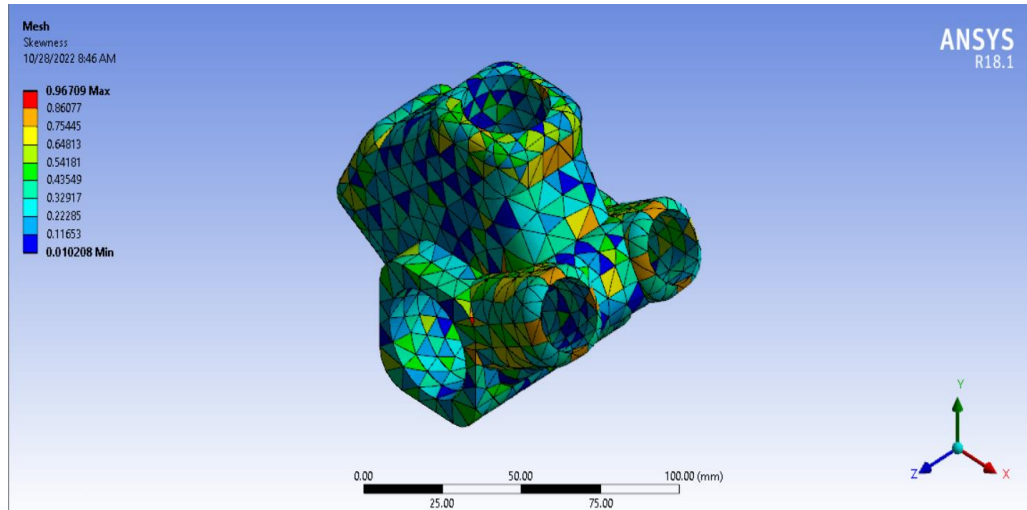
Proses *cleaning geometry* bertujuan agar simulasi menjadi lebih cepat dan menghilangkan *part* yang tidak diperlukan pada desain dan tidak berpengaruh dalam proses analisis. Hasil *cleaning geometry* dapat ditunjukkan pada gambar 4-15.



Gambar 4-15 *Cleaning Geometry*

6. *Meshing*

Hasil *meshing* pada analisis FEA sangatlah penting, dimana semakin bagus hasil mesh dari geometri maka semakin valid pula output dari analisis tersebut. Gambar 4-16 menunjukkan hasil mesh *bottom bracket* sepeda.



Gambar 4-16 *Meshing*

Dalam mengukur nilai mesh, salah satu caranya adalah dengan menggunakan metode *skewness* dimana semakin kecil nilai *skewness* maka hasil mesh semakin bagus. Secara general hasil mesh memiliki nilai 0.4 dimana ini berada pada kondisi *very good*. Gambar 4-17 menunjukkan *skewness spectrum*.



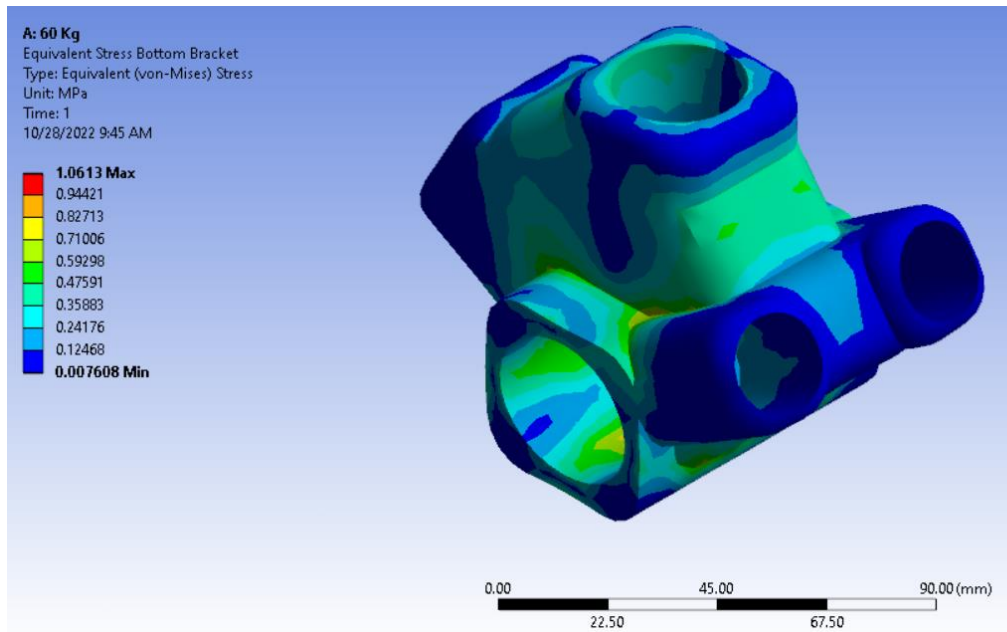
Gambar 4-17 *Skewness Spectrum*

4.2. Hasil Simulasi Ansys

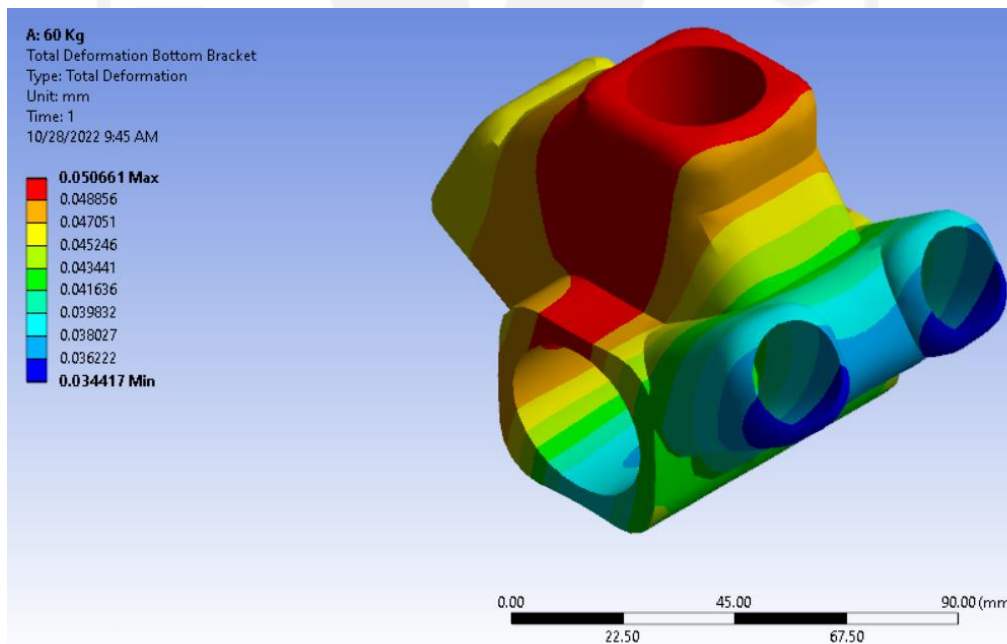
Modul analisis yang digunakan adalah *static structural* untuk melihat efek dari pembebanan statis terhadap *bottom bracket*.

4.2.1. Simulasi Beban 60 Kg

Hasil tegangan *von mises* yang terjadi dengan pembebanan 60 Kg. Pembebanan merata pada *bottom bracket* sepeda dengan beban 60 Kg menghasilkan *von mises* minimum sebesar 0,007 MPa dan *von mises* maksimum sebesar 1,061 MPa. Gambar 4-18 menunjukkan hasil *von mises*. Gambar 4-19 menunjukkan hasil *deformation*.

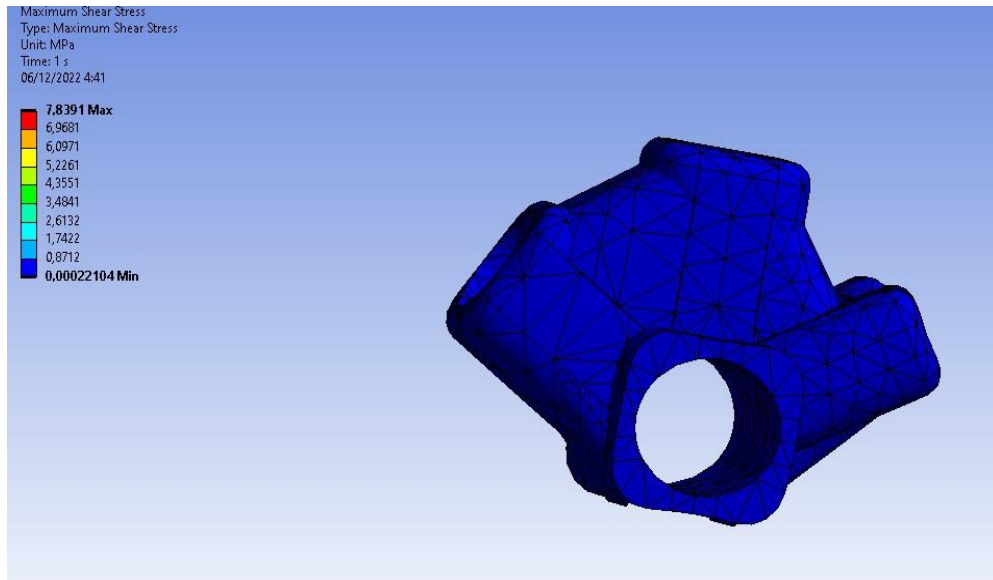


Gambar 4-18 Hasil *von mises* 60 Kg



Gambar 4-19 Hasil *Deformation* 60 Kg

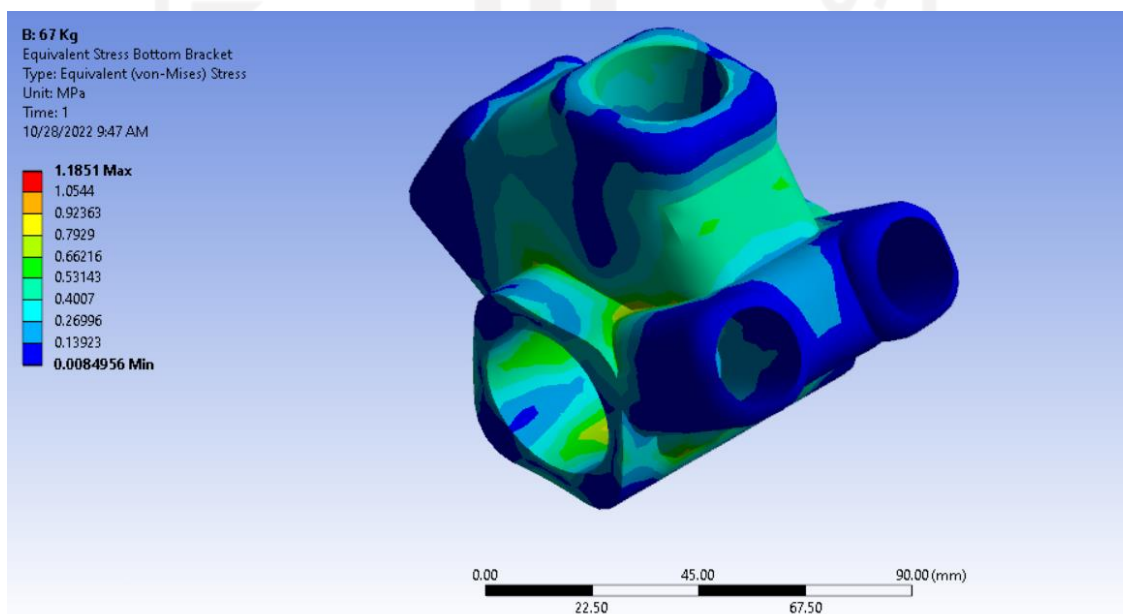
Berdasarkan gambar 4-19, dengan pembebanan merata sebesar 60 Kg maka besaran *deformation* minimum yaitu sebesar 0,034 mm ditandai oleh bagian berwarna biru dan nilai maksimum sebesar 0,050 mm ditandai dengan bagian berwarna merah. Kemudian tegangan geser maksimum yang terjadi pada pembebanan 60 kg sebesar 7,83 MPa. Gambar 4-20 menunjukkan tegangan geser maksimum.



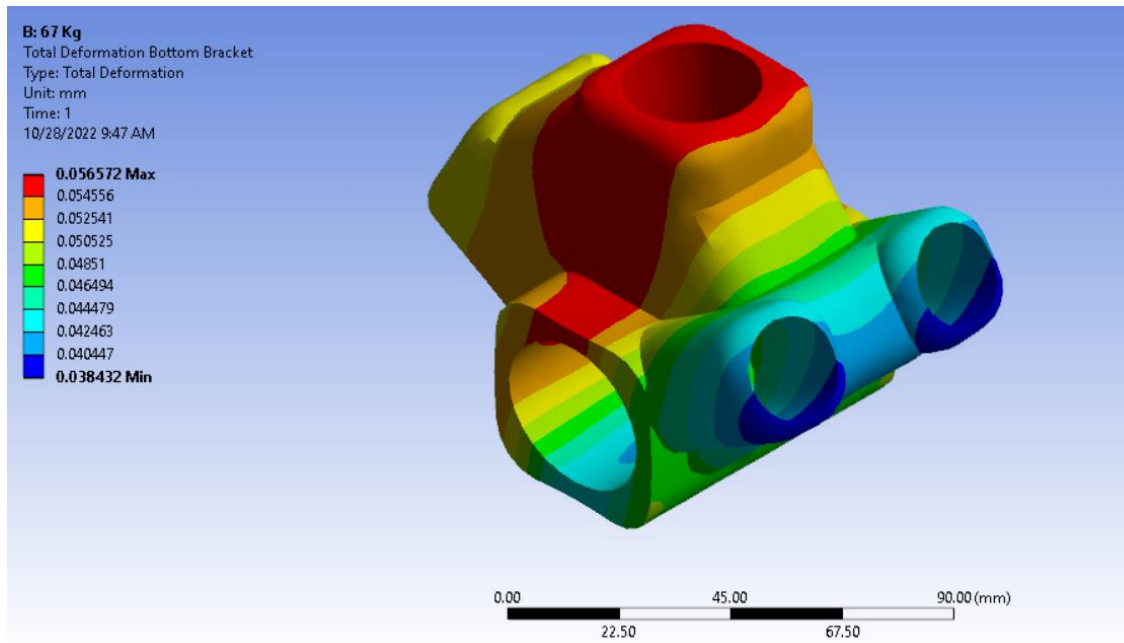
Gambar 4- 20 Tegangan Geser Maksimum 60 kg

4.2.2. Simulasi Beban 67 Kg

Hasil tegangan *von mises* yang terjadi dengan pembebanan 67 Kg. Pembebanan merata pada *bottom bracket* sepeda dengan beban 67 Kg menghasilkan *von mises* minimum sebesar 0,008 MPa dan *von mises* maksimum sebesar 1,185 MPa. Gambar 4-21 menunjukkan hasil *von mises*. Gambar 4-22 menunjukkan hasil *deformation*.

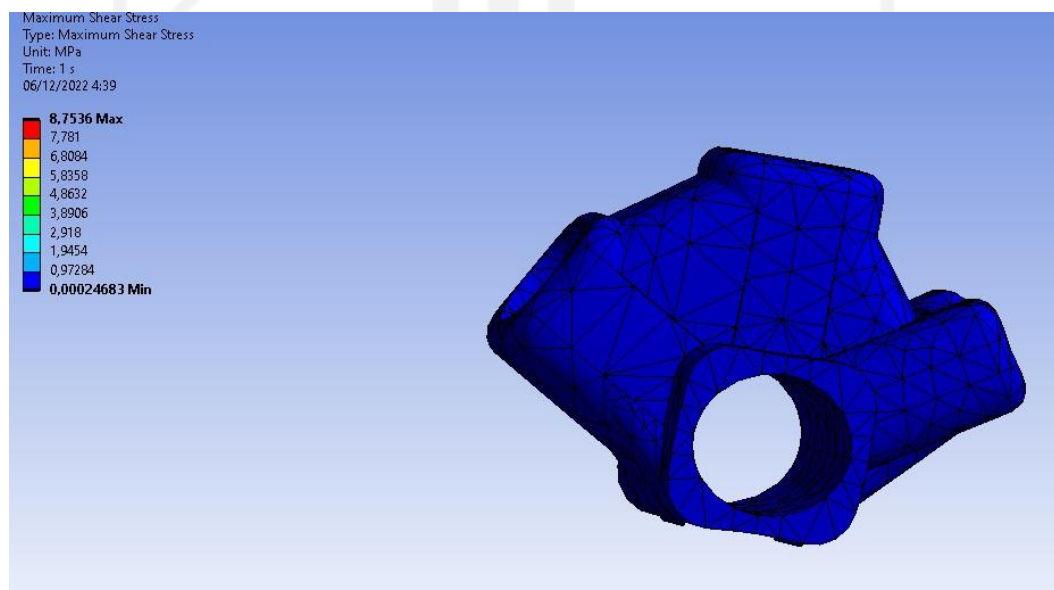


Gambar 4-21 Hasil *von mises* 67 Kg



Gambar 4- 22 Hasil *Deformation* 67 Kg

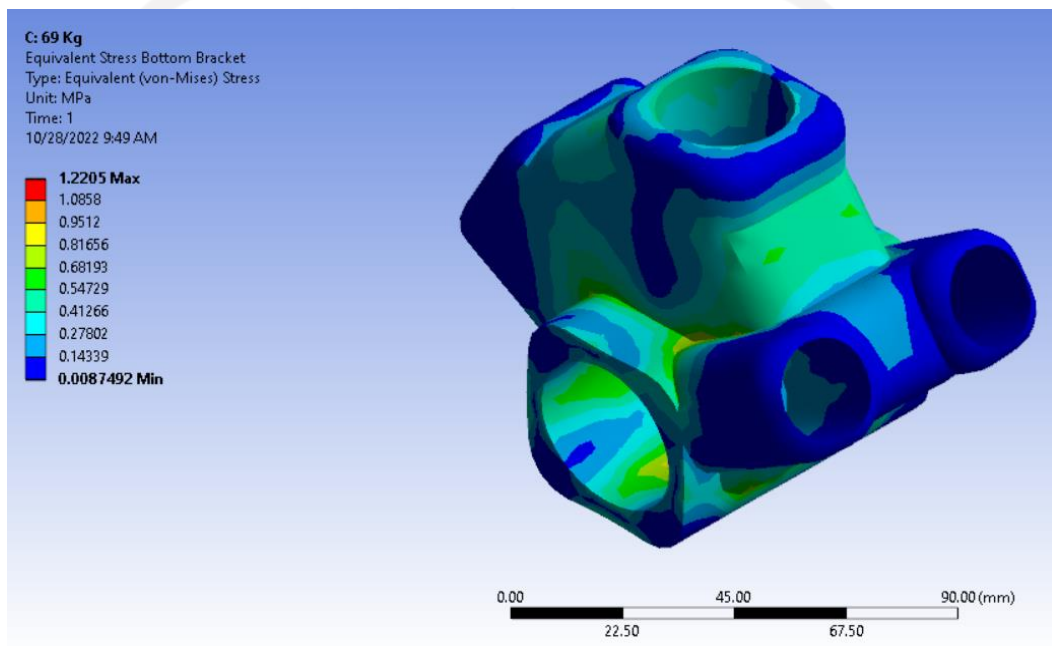
Berdasarkan gambar 4-18, dengan pembebanan merata sebesar 67 Kg maka besaran *deformation* minimum yaitu sebesar 0,038 mm ditandai oleh bagian berwarna biru dan nilai maksimum sebesar 0,056 mm ditandai dengan bagian berwarna merah. Kemudian tegangan geser maksimum yang terjadi pada pembebanan 67 kg sebesar 8,75 MPa. Gambar 4-23 menunjukkan tegangan geser maksimum.



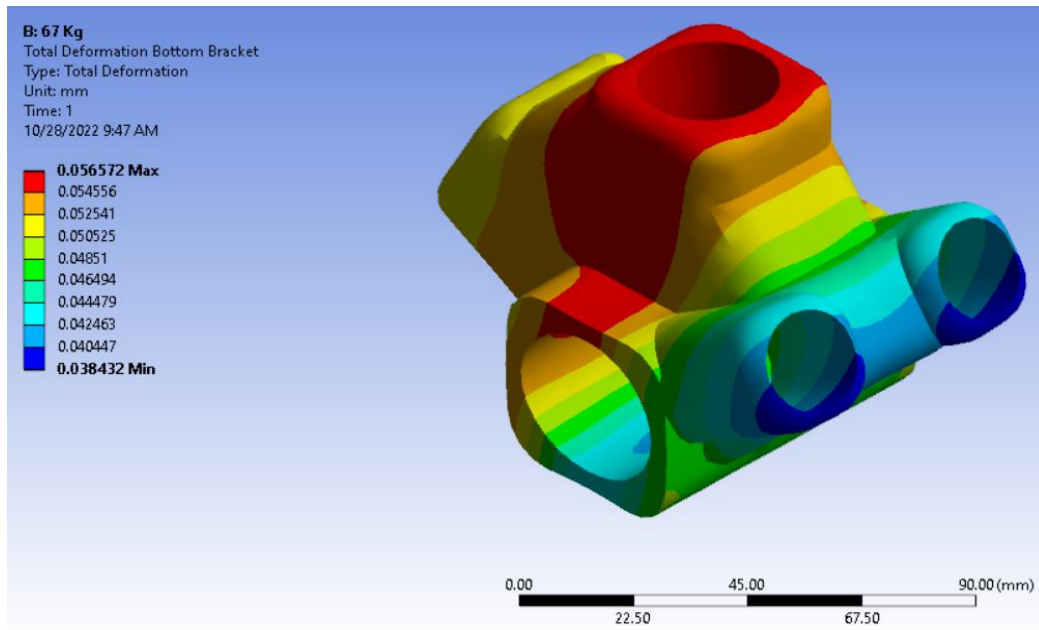
Gambar 4- 23 Tegangan Geser Maksimum 67 kg

4.2.3. Simulasi Beban 69 Kg

Hasil tegangan *von mises* yang terjadi dengan pembebanan 69 Kg. Pembebanan merata pada *bottom bracket* sepeda dengan beban 69 Kg menghasilkan *von mises* minimum sebesar 0,008 MPa dan *von mises* maksimum sebesar 1,220 MPa. Gambar 4-24 menunjukkan hasil *von mises*. Gambar 4-25 menunjukkan hasil *deformation*.

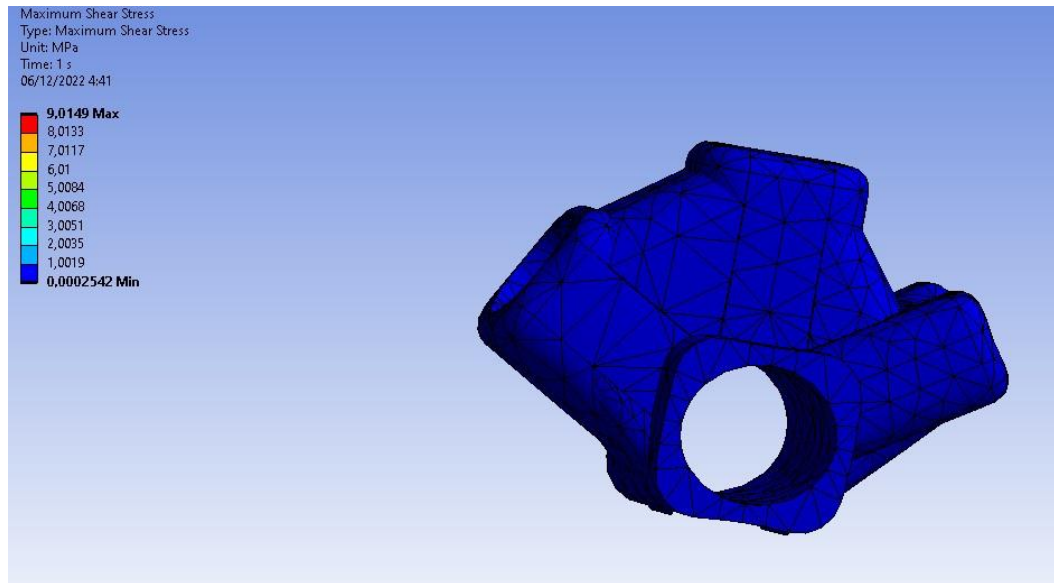


Gambar 4-24 Hasil *von mises* 69 Kg



Gambar 4- 25 Hasil *Deformation* 69 Kg

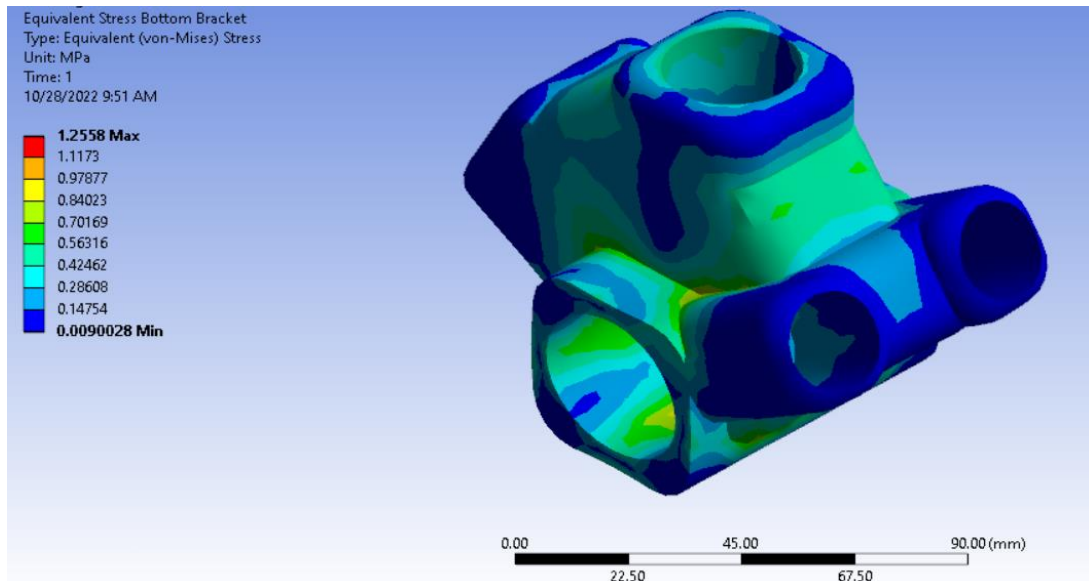
Berdasarkan gambar 4-20, dengan pembebanan merata sebesar 69 Kg maka besaran *deformation* minimum yaitu sebesar 0,039 mm ditandai oleh bagian berwarna biru dan nilai maksimum sebesar 0,058 mm ditandai dengan bagian berwarna merah. Kemudian tegangan geser maksimum yang terjadi pada pembebanan 69 kg sebesar 9,01 MPa. Gambar 4-26 menunjukkan tegangan geser maksimum.



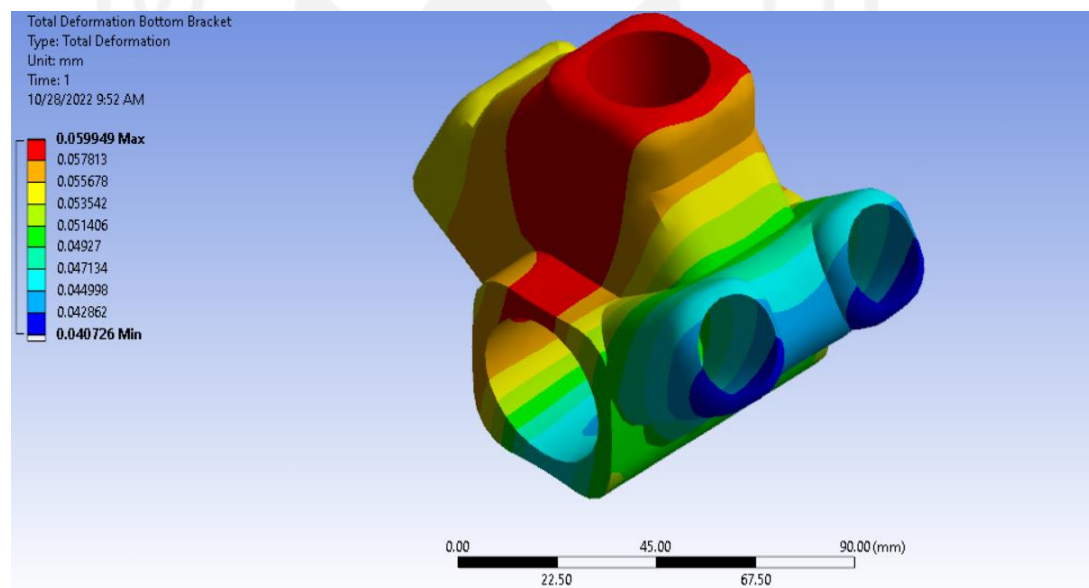
Gambar 4- 26 Tegangan Geser Maksimum 69 kg

4.2.4. Simulasi Beban 70 Kg

Hasil tegangan *von mises* yang terjadi dengan pembebanan 70 Kg. Pembebanan merata pada *bottom bracket* sepeda dengan beban 70 Kg menghasilkan *von mises* minimum sebesar 0,009 MPa dan *von mises* maksimum sebesar 1,255 MPa. Gambar 4-27 menunjukkan hasil *von mises*. Gambar 4-28 menunjukkan hasil *deformation*.

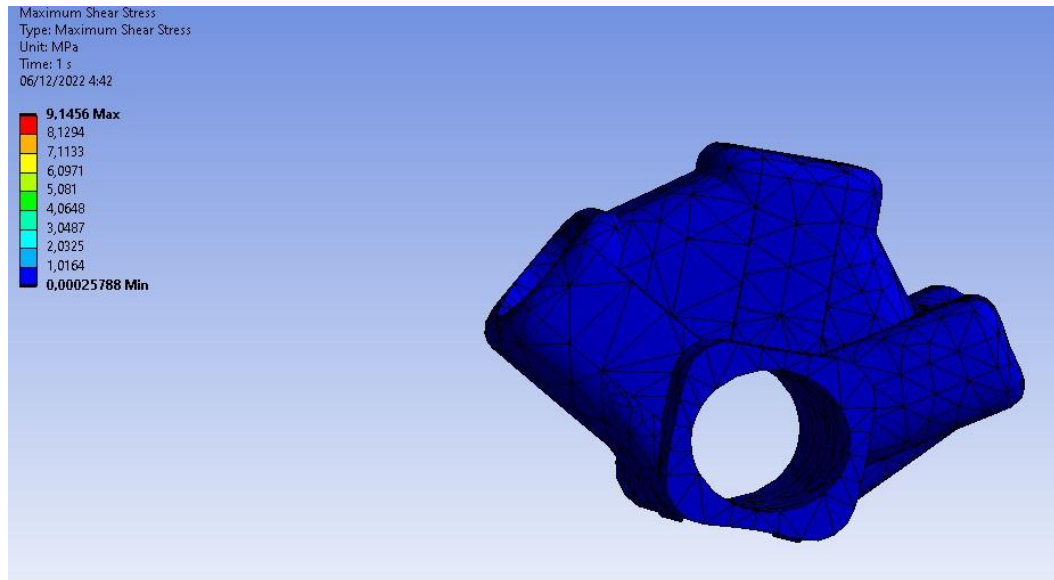


Gambar 4- 27 Hasil *von mises* 70 Kg



Gambar 4- 28 Hasil *Deformation* 70 Kg

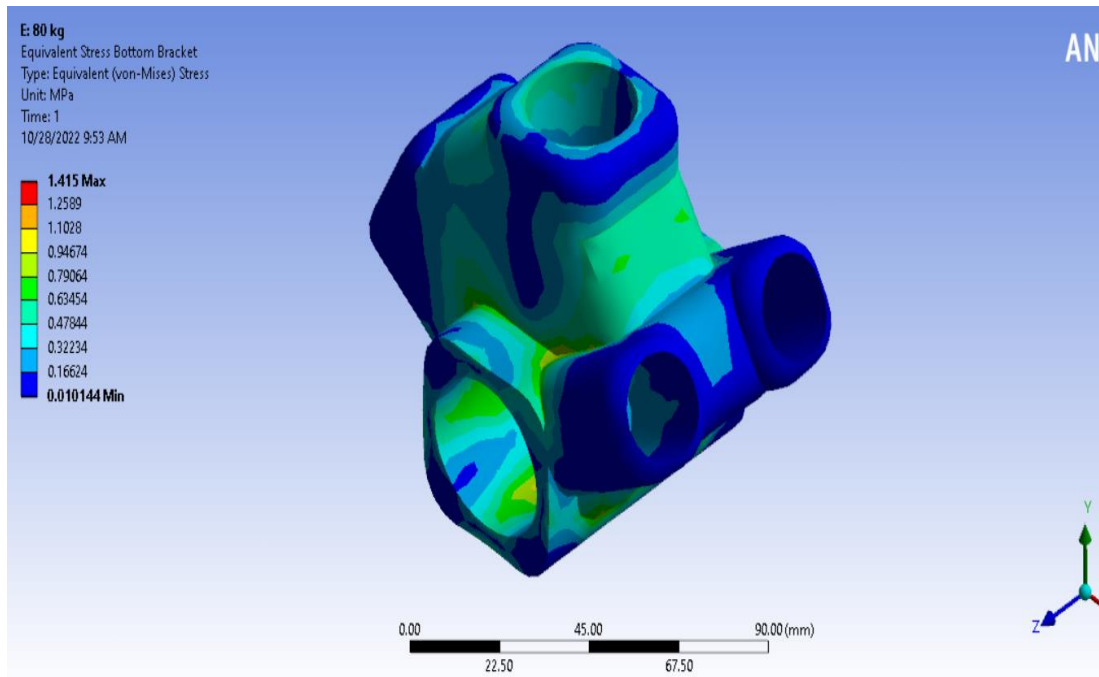
Berdasarkan gambar 4-22, dengan pembebanan merata sebesar 70 Kg maka besaran *deformation* minimum yaitu sebesar 0,040 mm ditandai oleh bagian berwarna biru dan nilai maksimum sebesar 0,059 mm ditandai dengan bagian berwarna merah. Kemudian tegangan geser maksimum yang terjadi pada pembebanan 70 kg sebesar 8,7 MPa. Gambar 4-29 menunjukkan tegangan geser maksimum.



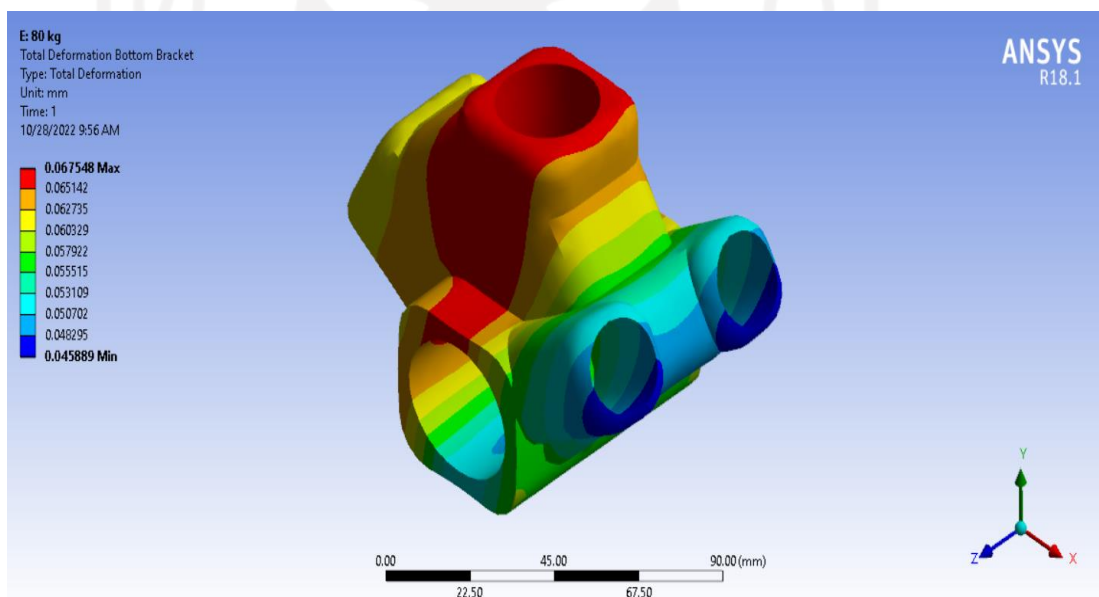
Gambar 4- 29 Tegangan Geser Maksimum 70 kg

4.2.5. Simulasi Beban 80 Kg

Hasil tegangan *von mises* yang terjadi dengan pembebanan 80 Kg. Pembebanan merata pada *bottom bracket* sepeda dengan beban 80 Kg menghasilkan *von mises* minimum sebesar 0,010 MPa dan *von mises* maksimum sebesar 1,415 MPa. Gambar 4-30 menunjukkan hasil *von mises*. Gambar 4-31 menunjukkan hasil *deformation*.

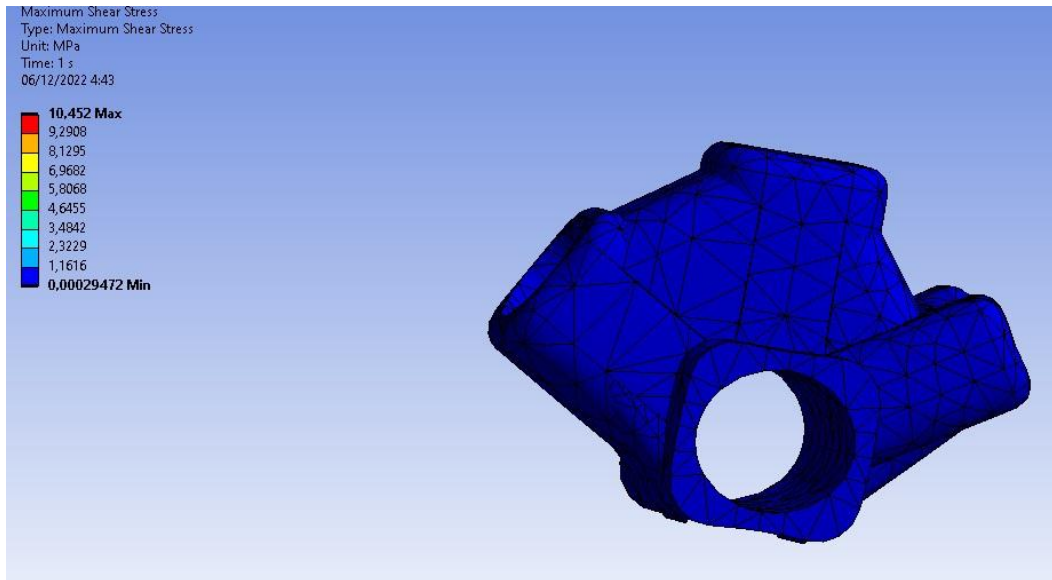


Gambar 4- 30 Hasil *von mises* 80 Kg



Gambar 4- 31 Hasil *Deformation* 80 Kg

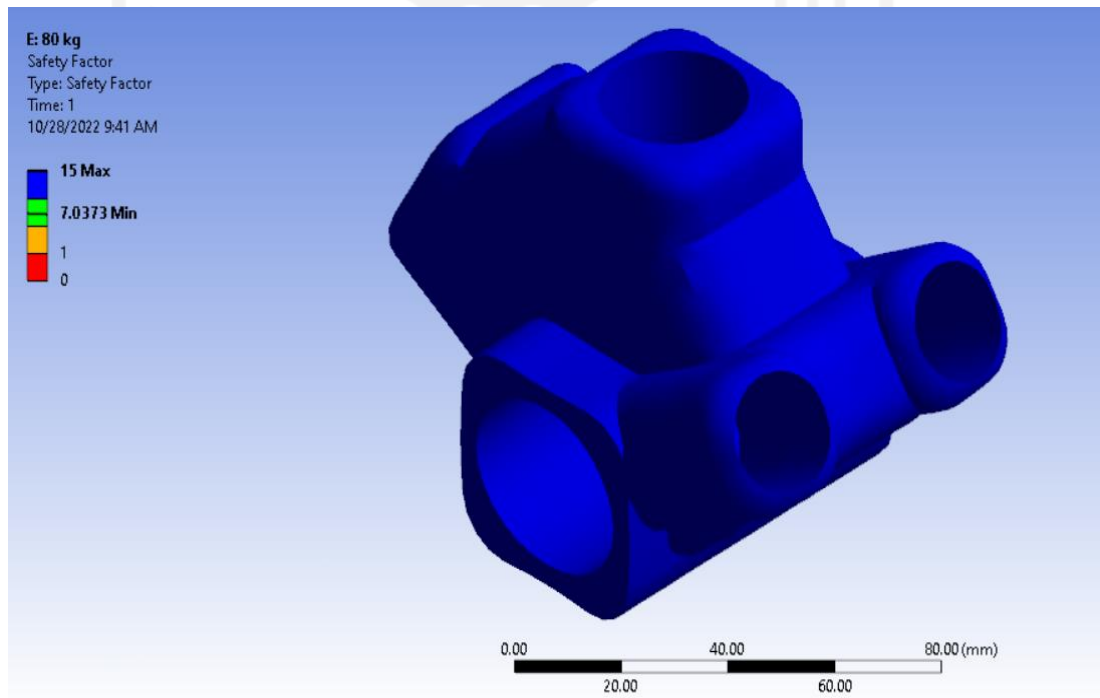
Berdasarkan gambar 4-27, dengan pembebanan merata sebesar 80 Kg maka besaran *deformation* minimum yaitu sebesar 0,045 mm ditandai oleh bagian berwarna biru dan nilai maksimum sebesar 0,067 mm ditandai dengan bagian berwarna merah. Kemudian tegangan geser maksimum yang terjadi pada pembebanan 80 kg sebesar 10,45 MPa. Gambar 4-32 menunjukkan tegangan geser maksimum.



Gambar 4- 32 Tegangan Geser Maksimum 80 kg

4.2.6. *Safety Factor* Beban Maksimum 80 kg

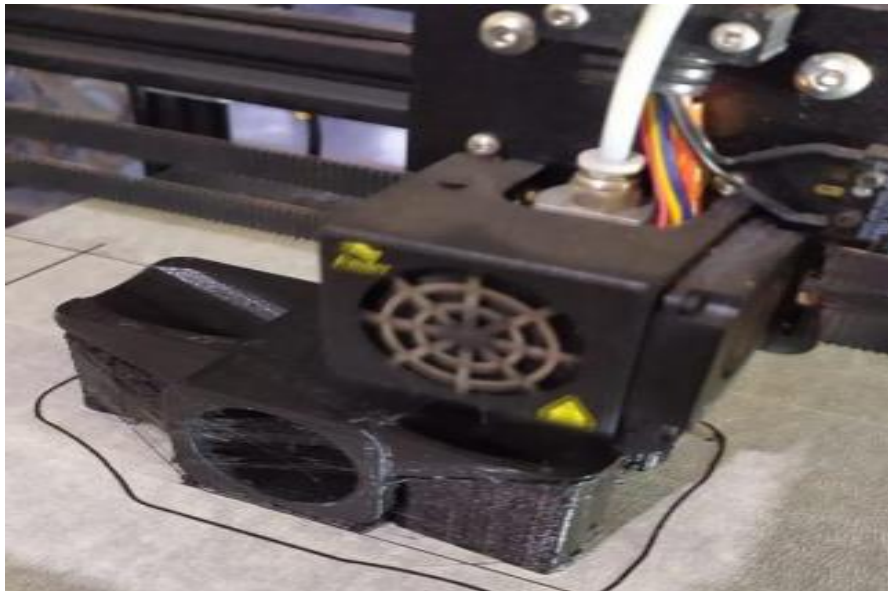
Dari hasil simulasi statis dengan beban maksimum 80 kg didapatkan nilai *safety factor* minimum sebesar 7 dan nilai maksimum sebesar 15 pada *bottom bracket*. Gambar 4-33 menunjukkan nilai *safety factor*.



Gambar 4-33 Nilai *safety factor* 80 kg

4.3. Produksi Sambungan *Bottom Bracket*

Setelah proses desain dan simulasi selesai, kemudian dilanjutkan dengan proses produksi. Pada tahap ini diawali dengan pembuatan produk atau pencetakan produk dengan menggunakan mesin *3D printer*. Adapun proses pencetakan *bottom bracket* dapat ditunjukkan pada gambar 4-34.



Gambar 4-34 Proses pencetakan *bottom bracket*

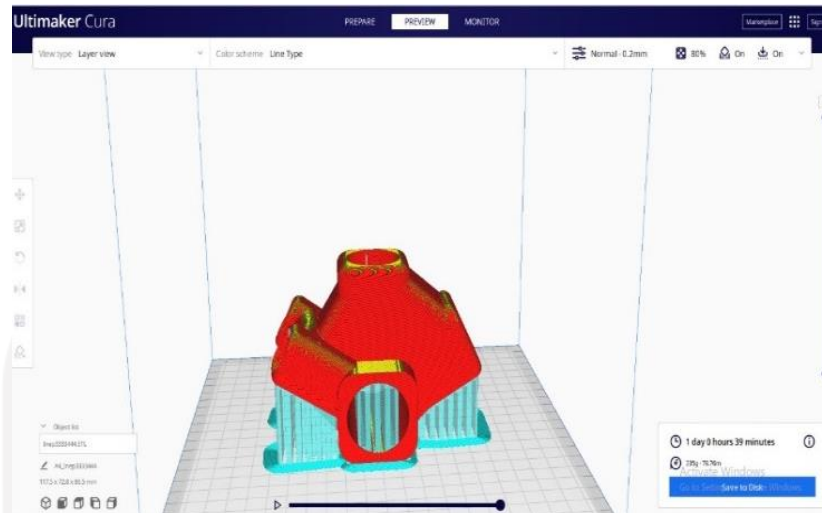
Pengaturan posisi objek dan pengaturan *infill*, temperatur dan *speed* dapat dilihat pada tabel 4-1 pengaturan parameter *3D printing*.

Tabel 4- 1 Parameter *3D Printing*

No	Parameter	Keterangan
1	<i>Infill/Fill Density</i>	100%
2	<i>Fill pattern</i>	<i>line</i>
3	<i>Solid speed</i>	70%
4	<i>Right extruder temperature</i>	200°C
5	<i>Left extruder temperature</i>	200°C
6	<i>Platform temperature</i>	60°C

Bahan yang digunakan yaitu PLA seberat 235gram dengan *infill* 100% dan

lama proses pencetakan 1 Hari 0 jam 39 Menit. Gambar 4-35 menunjukkan simulasi 3D printer.



Gambar 4-35 Simulasi 3D Printer

Produk yang sudah selesai dicetak dilakukan laminasi agar menambah kekuatan sambungan *bottom bracket*. Gambar 4-36 menunjukkan hasil cetakan 3D printer.



Gambar 4-36 Hasil cetakan 3D printer

4.3.1 Laminasi

Setelah pencetakan produk selesai, lalu dilanjutkan dengan membuat pola pada *fiberglass* agar memudahkan proses laminasi. Proses laminasi merupakan proses pelapisan pada permukaan produk menggunakan *fiberglass* sebagai *skin*.

Fiberglass dipilih karena tahan terhadap panas, harga terjangkau, mengalami pengerasan dalam waktu tertentu, mudah dibentuk, dan fleksibel. *Fiberglass* yang sudah sesuai dengan pola produk kemudian ditempelkan menggunakan teknik *hand lay up*. Metode *hand lay up* adalah proses laminasi serat secara manual dalam pembuatan produk komposit, pada teknik ini hanya digunakan untuk pembuatan produk yang sederhana dan memiliki satu sisi yang mempunyai permukaan rata atau halus. Proses laminasi dapat ditunjukkan pada gambar 4-37.



Gambar 4-37 Proses Laminasi

Proses pengeringan memerlukan waktu 2 x 24 jam agar kering sempurna dan cukup dibiarkan di tempat yang terbuka. Kemudian dilakukan proses *finishing* agar produk lebih halus dan tidak terdapat siku-siku yang dapat membahayakan. Hasil akhir produk lebih berat dibandingkan dengan bahan aslinya karena *bracket* bahan komposit memiliki dimensi lebih besar dan ketebalan yang lebih tinggi. Proses *finishing* dapat ditunjukkan pada gambar 4-38.



Gambar 4-38 Proses *Finishing*

4.4 Perakitan

Setelah dilakukan pengamatan secara visual dan dilakukan pengukuran ulang, hasil produk sudah sesuai dengan desain. Kemudian setiap *part* yang sudah dilakukan finishing, dikumpulkan dan dilakukan pengecekan kembali untuk memastikan *part* sudah siap untuk dirakit. Diawali dengan penyambungan besi *frame* yang digabungkan dengan setiap *bracket* yang sudah di produksi yaitu *bracket head tube*, *seat tube*, *bottom bracket*, dan *drop out* menggunakan lem *epoxy*. Gambar 4-39 menunjukkan *assembly frame*.



Gambar 4-39 *Assembly frame*

Dibutuhkan waktu 16 jam agar *bracket* dapat menyambung dengan sempurna. Proses penyambungan dapat ditunjukkan pada gambar 4-40.



Gambar 4-40 Proses Penyambungan frame dengan *bottom bracket*

4.4.1 Pemasangan Kelengkapan Sepeda

Setelah melakukan proses penyambungan, dilakukan penambahan kelengkapan sepeda agar dapat digunakan seutuhnya, yaitu dengan memasang rem, ban, *fork*, *saddle*, *crankset* dan lainnya. Sepeda final dapat ditunjukkan pada gambar 4-41.



Gambar 4-41 Sepeda final

4.5. Pengujian Jalan SNI 1049:2008

Dilakukan beberapa persiapan dengan mempertimbangkan tinggi sadel dan stang kemudi yang disesuaikan dengan tubuh pengendara. Terdapat 4 jenis

parameter pengujian jalan sesuai standar SNI 1049:2008 yang tertera pada tabel 4-2.

Tabel 4- 2 Parameter pengujian jalan SNI 1049:2008

No	Parameter pengujian jalan SNI 1049:2008
1	Sepeda dikendarai minimal 1 km
2	Sepeda melewati balok kayu dengan lebar 50 mm, tinggi 25 mm, <i>chamfer</i> 12 mm dengan jarak 30 m
3	Sepeda dapat dikemudikan dengan kecepatan ≥ 22 km/jam
4	Sepeda dapat dikemudikan dengan satu tangan

4.5.1. Pengujian Pertama

Pada pengujian pertama dilakukan mengendarai sepeda dari kos sampai kampus dengan jarak 2 km melewati jalan yang rata dan berlubang. Terdapat kendala pada pengujian ini yaitu rantai lepas dan pelepasan lem pada bagian *frame* dengan sambungan *bottom bracket*. Gambar 4-42 menunjukkan kendala uji pertama.



Gambar 4-42 Kendala uji pertama

Kemudian dilakukan perekatan ulang menggunakan lem dan pergantian as roda agar tidak terjadi pelepasan pada rantai. Pergantian as roda dapat ditunjukkan pada gambar 4-43.



Gambar 4-43 Pergantian as roda

4.5.2. Pengujian Kedua

a. Dikendarai 1 km

Sepeda dapat dikendarai dengan keadaan stabil selama 1 km dalam keadaan lurus ataupun berbelok. Hasil pengujian jalan selama 1 km dapat ditunjukkan pada gambar 4-44.



Gambar 4-44 Hasil pengujian jalan 1 km

- b. Melewati balok kayu dengan lebar 50 mm, tinggi 25 mm, *chamfer* 12 mm dengan jarak 30 m

Dalam melakukan pengujian dalam jarak 1 km, sepeda ini juga diuji dengan melewati balok kayu. Spesifikasi balok dapat ditunjukkan pada gambar 4-45.



Gambar 4-45 Spesifikasi balok uji

Setelah dilakukan pengujian, sepeda mampu melewati balok dengan normal sesuai ketentuan. Hasil pengujian sepeda dalam melewati balok dapat ditunjukkan pada gambar 4-46.



Gambar 4-46 Hasil pengujian melewati balok

c. Sepeda dapat dikemudikan dengan kecepatan $\geq 22\text{km/jam}$

Terdapat 5 penguji dengan masing-masing berat badan sebesar 60 kg, 67 kg, 69 kg, 71 kg, dan 80 kg. Hasil pengujian kecepatan tercantum pada tabel 4-3.

Tabel 4- 3 Hasil pengujian kecepatan

Nama	Berat	Kecepatan
Nevrizal Firly	60 kg	26,20 km/jam
Reza Hanafi	67 kg	25,60 km/jam
Adi Rahman	69 kg	22,69 km/jam
Yanuar Wahyu	70 kg	22,60 km/jam
Yanuar Wahyu + Beban 9 kg	80 kg	22,1 km/jam

Keterangan:

- Beban 10 kg dibawa menggunakan sebuah tas berisi batako seberat 9 kg dan tool box seberat 1 kg.
- Data kecepatan sepeda diambil dari *software relive* pada IOS.

d. Sepeda dapat dikemudikan dengan satu tangan

Pengujian sepeda kali ini yaitu untuk melihat mampu atau tidaknya dikendarai dengan satu tangan dan tidak membahayakan penguji. Hasil pengujian dengan satu tangan ditunjukkan pada gambar 4-47.



Gambar 4-47 Hasil pengujian dengan satu tangan

e. Pengamatan Setelah Uji Jalan

Setelah semua parameter pengujian jalan SNI 1049:2008 selesai, dilakukan pengamatan terhadap bagian *bottom bracket* untuk memastikan tidak ada *part* yang lepas ataupun *crack*. Pada bagian *bottom bracket* tetap aman dan dipastikan siap

untuk digunakan. Hasil pengamatan setelah uji jalan dapat ditunjukkan pada gambar 4-48.



Gambar 4-48 Hasil pengamatan bottom bracket setelah uji jalan

4.6. Analisis dan Pembahasan

4.6.1. Simulasi Ansys

Dari hasil analisis nilai *von mises stres*, diketahui bahwa semakin besar beban yang dikenakan pada *frame*, maka semakin besar pula nilai *von mises* pada *bottom bracket*. Untuk material *properties* PLA dapat ditunjukkan pada gambar 4-49 dan untuk material dan *Structural Steel* dapat ditunjukkan pada gambar 4-50.

Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	2303,0 MPa
Poisson's Ratio	0,40020
Bulk Modulus	3846,0 MPa
Shear Modulus	822,38 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	9,786e-05 1/°C
Tensile Ultimate Strength	62,820 MPa
Tensile Yield Strength	61,930 MPa

Gambar 4-49 Material *properties* PLA

Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	2e+05 MPa
Poisson's Ratio	0,30000
Bulk Modulus	1,6667e+05 MPa
Shear Modulus	76923 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1,2e-05 1/°C
Compressive Ultimate Strength	0 MPa
Compressive Yield Strength	250,00 MPa

Gambar 4-50 Material *properties Structural Steel*

Pada variasi beban 60 kg, 67 kg, 69 kg, 70 kg, dan 80 kg diperoleh tegangan *von mises* minimum sebesar 0,007 MPa pada pembebanan seberat 60 kg, sedangkan tegangan *von mises* maksimum terjadi pada pembebanan 80 kg sebesar 1,415 MPa. Namun dari analisis dan perbandingan dengan nilai *yield strength* dan *ultimate tensile strength* pada gambar 4-46 dan gambar 4-47, dapat disimpulkan bahwa struktur *bottom bracket* aman karena masing-masing nilai *von mises stress* dari *bottom bracket* dengan beban 60 kg sampai 80 kg tidak melebihi batas maksimal *yield strength* dan *ultimate tensile strength* materialnya.

Dari hasil analisis nilai *deformation*, diketahui bahwa semakin besar beban yang dikenakan pada *frame*, semakin besar pula nilai *deformation* pada *bottom bracket*. *Deformation* terbesar terjadi pada pembebanan 80 kg dengan nilai 0,067 mm pada *bottom bracket* terletak pada bagian lubang yang menyambung dengan tengah *frame*. Walau nilainya masih *relative* kecil, namun apabila ingin melakukan *improvement*, maka *improvement* lebih tepat dilakukan untuk di daerah lubang yang menyambung dengan *frame* tengah sepeda. Sedangkan nilai *deformation* terkecil terjadi pada pembebanan 60 kg dengan nilai 0,034 mm di bagian lubang *bottom bracket* bagian bawah yang menghubungkan dengan *drop out*.

Safety factor merupakan salah satu indikator penting dalam sebuah konstruksi. Konstruksi dikatakan aman jika nilai *safety factor* ≥ 1 . Dari nilai *safety factor* yang terjadi pada pembebanan maksimum sebesar 80 kg, dapat disimpulkan bahwa *bottom bracket* sepeda aman. Karena memiliki nilai *safety factor* yang tinggi dengan nilai maksimum 15.

Berdasarkan analisis, semakin besar beban maka semakin besar tegangan

geser yang terjadi. Tegangan geser maksimum terbesar pada pembebanan 80 kg dengan nilai 10,45 MPa dan tegangan geser maksimum terkecil pada pembebanan 60 kg sebesar 7,83 MPa.

Hasil simulasi tidak sesuai dengan kondisi nyata karena pada saat melakukan pengujian *Ansys* hanya menggunakan bahan PLA, sedangkan pada kondisi nyata menggunakan PLA yang sudah dilaminasi.

4.6.2. Pengujian Jalan SNI 1049:2008

Pada pengujian jalan sepanjang 1 km, sepeda mampu dikemudikan dengan stabil, mudah saat berbelok, dan rantai tidak lepas sehingga dapat dikatakan sepeda memenuhi uji jalan SNI 1049:2008. Pada saat melewati balok sepanjang 30 m dengan jumlah 15 balok, sepeda dapat dikendarai dengan konstan tidak ada bagian yang terlepas maupun balok yang terlempar. Oleh karena itu, sepeda memenuhi uji jalan SNI 1049:2008. Kestabilan antara stang sepeda dengan pedal yang dapat dikayuh dengan cepat menyebabkan sepeda dapat dikendarai dengan kecepatan ≥ 22 km/jam yang berarti bahwa sepeda memenuhi uji jalan SNI 1049:2008. Pada pengujian terakhir dengan menggunakan satu tangan, sepeda mampu bergerak stabil dalam keadaan lurus maupun berbelok sepanjang 1 km dan tidak membahayakan penguji sehingga memenuhi uji jalan SNI 1049:2008.

Berdasarkan uji jalan SNI 1049:2008 yang sudah dilaksanakan didapatkan hasil bahwa produk sepeda mampu memenuhi semua poin dari kriteria desain yang telah dibuat. Penjelasan poin-poin kriteria desain sebagai berikut:

1. Kuat, mampu dikendarai/dinaiki dengan maksimal beban 80 kg.

Berdasarkan pengujian jalan, sepeda mampu dikendarai dengan beban maksimal 80 kg tanpa adanya kendala.

2. Tetap menggunakan pipa asli dari sepeda jengki.

Tidak adanya perbedaan dimensi ukuran yang signifikan sehingga membuat pipa asli dari sepeda jengki dapat dipasangkan dengan baik pada sambungan *bottom bracket* yang telah dibuat. Gambar 4-51 menunjukkan penggunaan pipa asli sepeda jengki.



Gambar 4-51 Penggunaan pipa asli sepeda jengki

3. Menggunakan bahan PLA pada sambungan *bottom bracket*.

Penggunaan PLA sebagai bahan alternatif dari besi terbukti efektif karena pada saat pencetakan produk menggunakan *infill* 100% yang menyebabkan produk lebih tebal dan padat. Gambar 4-52 menunjukkan sambungan *bottom bracket* PLA.



Gambar 4-52 Sambungan *bottom bracket* PLA

Setelah dilakukan pengujian jalan dan *simulasi ansys* dapat diketahui bahwa tujuan dari perancangan ini telah tercapai. Berikut adalah poin-poin dari tujuan perancangan:

1. Merancang dan membuat sambungan *frame* sepeda berbahan dasar PLA.

Pada perancangan ini menggunakan bahan dasar PLA khususnya pada bagian sambungan *bottom bracket*, material ini dipilih karena penyusutannya sangat sedikit, kuat, serta harganya yang murah. Setelah dilakukan uji jalan, PLA terbukti

cukup kuat setelah disambungkan dengan *frame* berbahan besi menggunakan lem *epoxy*.

2. Merancang bentuk geometri paling optimal untuk sambungan *frame* dengan *bottom bracket*.

Dalam pembuatan produk tersebut, diperlukan beberapa desain untuk mendapatkan produk yang maksimal dari segi kekuatan, estetika, dan kemudahan dalam pencetakannya. Pembuatan desain memakan banyak waktu dalam melakukan pendekatan terstruktur ukuran setiap lubang sambungan dengan *frame* hingga akhirnya didapatkan desain paling optimal dan efisien untuk perancangan ini.

3. Melakukan pembuatan produk sambungan *frame* sepeda menggunakan 3D printer.

Berdasarkan bahan yang sudah dipilih, material PLA dapat dicetak menggunakan 3D printer. Pada perancangan ini diperlukan 2 kali percobaan, pada percobaan pertama gagal karena mengalami *crack* pada bagian lubang. Kemudian pada percobaan kedua berhasil dan tidak ada bagian yang berlubang dan tercetak dengan baik sesuai desain yang sudah dibuat sebelumnya.

4. Mengetahui hasil pengujian jalan sepeda sesuai SNI 1049:2008

Berdasarkan parameter uji jalan yang terdapat dalam SNI 1049:2008, sepeda mampu memenuhi semua kriteria yang ditentukan, hasil pengamatan sepeda sebelum dan sesudah dilaksanakan pengujian tetap sama dan dalam kondisi baik.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari analisis dan pengujian yang sudah dilakukan, didapatkan beberapa informasi yang disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah dirancang dan dibuat sambungan *frame* sepeda berbahan dasar PLA yang kuat dan ringan.
2. Berdasarkan desain dan analisis yang sudah dilakukan, didapatkan bentuk geometri yang optimal untuk bagian sambungan *bottom bracket*.
3. Telah berhasil dilakukan pembuatan produk sambungan *frame* sepeda menggunakan 3D printer.
4. Berdasarkan pengujian jalan yang sudah dilaksanakan, sepeda mampu memenuhi standar pengujian jalan SNI 1049:2008.

5.2. Saran

Berdasarkan perancangan yang telah dilakukan, terdapat saran yang perlu diperhatikan untuk perancangan *bottom bracket* diantaranya sebagai berikut:

1. Pada perancangan ini mengutamakan kekuatan produk, perancangan selanjutnya disarankan untuk memperhatikan kekuatan dan estetika desain agar hasil lebih maksimal.
2. Perancangan *bottom bracket* sepeda yang dibuat hanya melakukan analisis pembebanan statis struktural, untuk perancangan selanjutnya dapat menambahkan analisis beban dinamis.
3. Hasil akhir sepeda menggunakan bahan besi pada *frame* dan PLA 3D Printer untuk *bottom bracket*, saran untuk perancangan selanjutnya dapat mencoba menggunakan bahan PLA pada bagian *frame dan sambungan bottom bracket*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aeni, N. (2021). Pandemi COVID-19: Dampak Kesehatan, Ekonomi, dan Sosial COVID-19 Pandemic: The Health, Economic, and Social Effects. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 17, 17-34.
- Alvian, M. A., & Priyono, B. (2021). Budaya Bersepeda Menjadi Gerakan Sosial Baru Masyarakat Untuk Menjaga Kebugaran Jasmani Saat Pandemi Covid-19. *Indonesian Journal for Physical Education and Sport*, 2(1), 36-45.
- B. Setyono, "Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid 'Trisona' Menggunakan Software Autodesk Inventor," J. IPTEK, vol. 20, no. 2, p. 37, 2016, doi: 10.31284/j.ipitek.2016.v20i2.43.
- Ballantine, R. (2000). *Richard's 21st Century Bicycle Book*.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2011). *Shigley's Mechanical Engineering Design 10th – Chapter 6: Fatigue Failure Resulting from Variable Loading* (Ninth Edition ed.). McGraw-Hill Companies. Inc : United States of America.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). Spur and Helical Gears. *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 725-776.
- Didik, E., Mardjuki, & Jumiadi. (2015). Analisa Pengaruh Deformasi Plastik Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Baja ST 42. *TRANSMIS, Vol. XI*(Edisi-1), 19-26.
- Gibson, R. (1994). *Principles of composite material*. New York: McGraw Hill.
- Ketetapan Majelis Permusyawaratan Rakyat No. II/MPR/1988 tentang Garis-Garis besar Haluan Negara.
- Kutz, M. (Editor). (2005). *Mechanical Engineers' Handbook (3rd Edition)*. John Wiley & Sons.
- L. Ari and N. Wibawa, "Desain Dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja (Workbench) Balai Lapan Garut Menggunakan Lasinta Ari Nendra Wibawa," vol. 3, no. 1, pp. 13–17, 2019.
- Mahyanto, T., & Sapto, A. D. (2017). Analisis Tegangan Von Mises Poros Mesin Pemotong Umbi-Umbian Dengan Software Solidworks. */PRESISI, VOL 18*, 24-29.

- Martin, S. 1996. Agus T. Exhibit show psychologi's power in treating illnesses. *Apa monitor*, p.42.
- Nayiroh, N. (2013). Teknologi material komposit. *Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim: Malang*.
- Ningsih, D. H. U. (2005, September). Computer Aided Design / Computer Aided Manufactur [CAD/CAM]. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, X, 143-149.
- Putra, D. D., Kurniawan, W. P., & Puspodari. (2021). Survei Minat Masyarakat Bersepeda Pada Masa Pandemi Covid-19 di Kecamatan Patianrowo Kabupaten Nganjuk Tahun 2020. *Indonesian Journal of Kinanthropology (IJO K)*, 1, 70-75.
- Putra, T.S. (2008). Perancangan Robot Dua Kaki dengan Tiga Derajat Kebebasan. Skripsi. tidak diterbitkan. Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Siregar, A. H., Setiawan, B. A., & Marasabessy, A. (2016). Komposit Fiber Reinforced Plastic Sebagai Material Bodi Kapal Berbasis Fiberglass Tahan Api. *BINA TEKNIKA*, Volume 12 Nomor 2 (Edisi Desember), 261-266.
- Syaifuddin, H. (2015). *Analisis Tegangan Von Mises Pegas Daun Mobil Listrik Angkutan Massal Menggunakan Metode Elemen Hingga*. Skripsi: Universitas Negeri Semarang. <http://lib.unnes.ac.id/20394/1/5201410037-s.pdf>
- Yakub, A., Karmiadi, D. W., & Ramadhan, A. I. (2016). Optimasi Desain Rangka Sepeda Berbahan Baku Komposit Berbasis Metode Anova. *Jurnal Teknologi*, 8, 17-22.

Lampiran 1. Lokasi Pengujian



Lokasi:

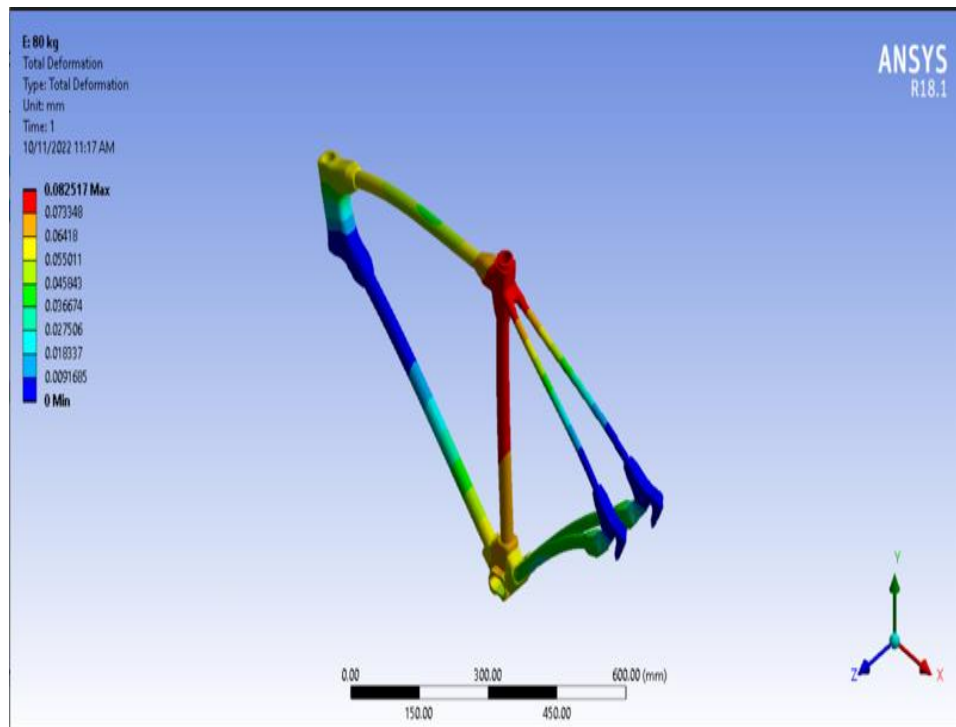
Stadion Maguwoharjo

Jl. Kepuh Sari, Jenengan, Maguwoharjo, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

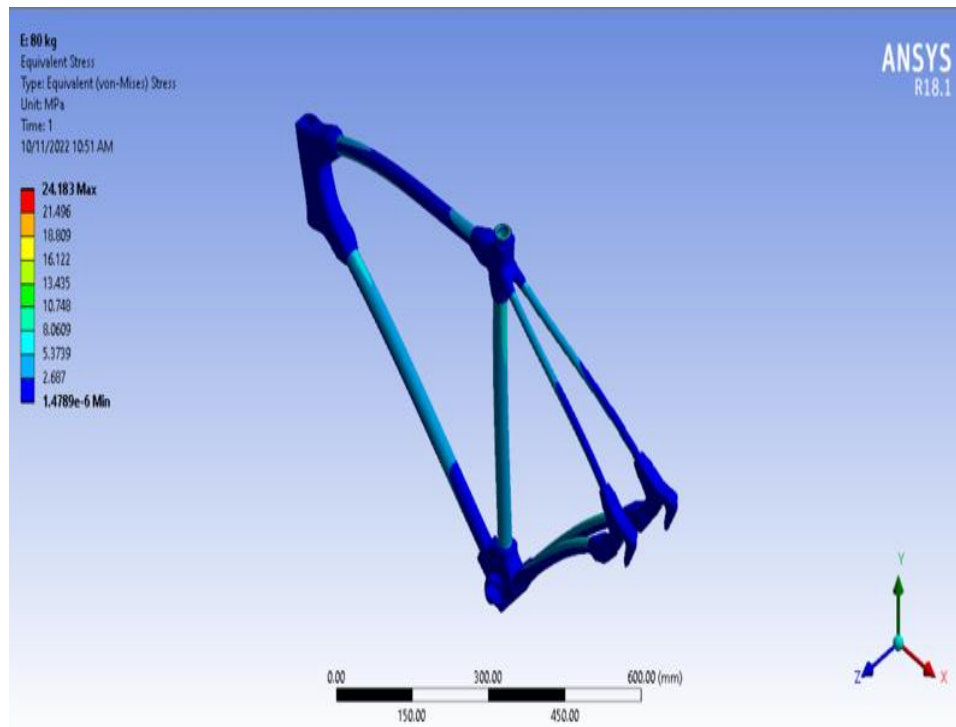
Lampiran 2. Lintasan Pengujian



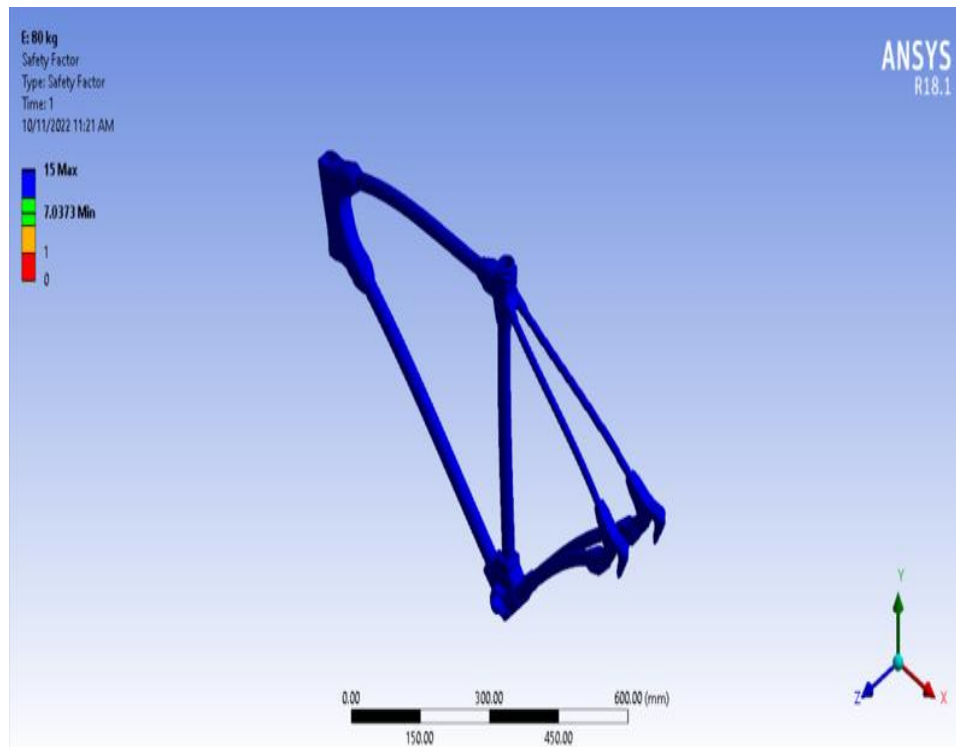
Lampiran 3. Deformation Frame



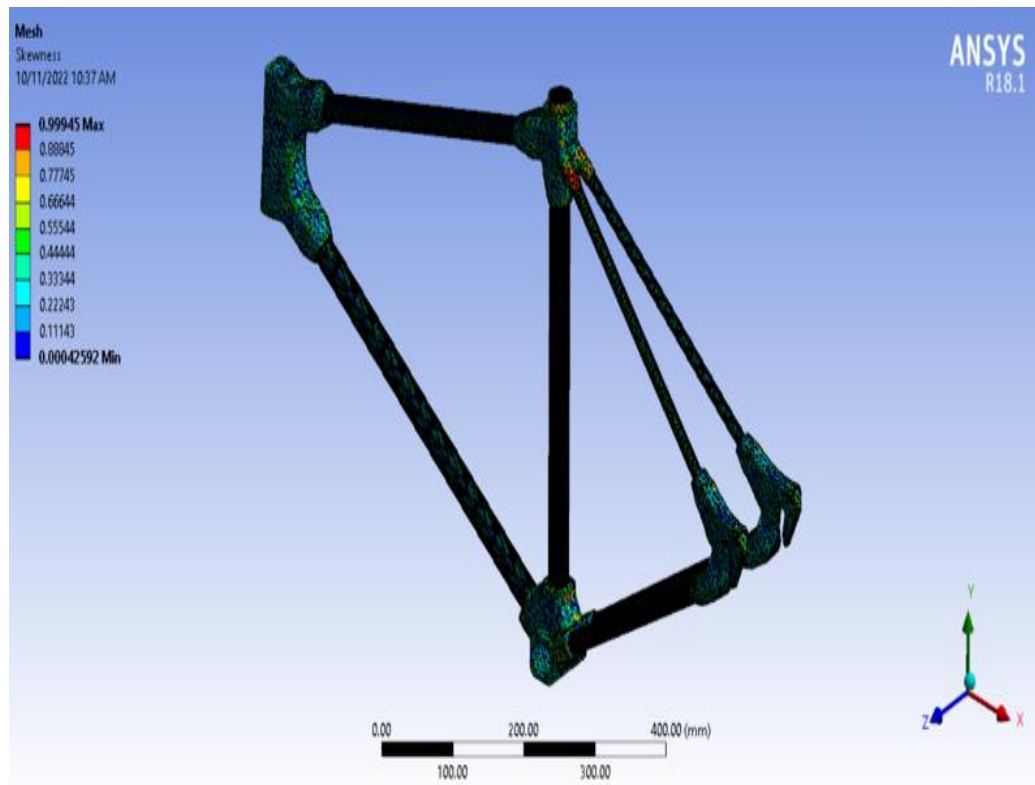
Lampiran 4. Maximum Stress Frame

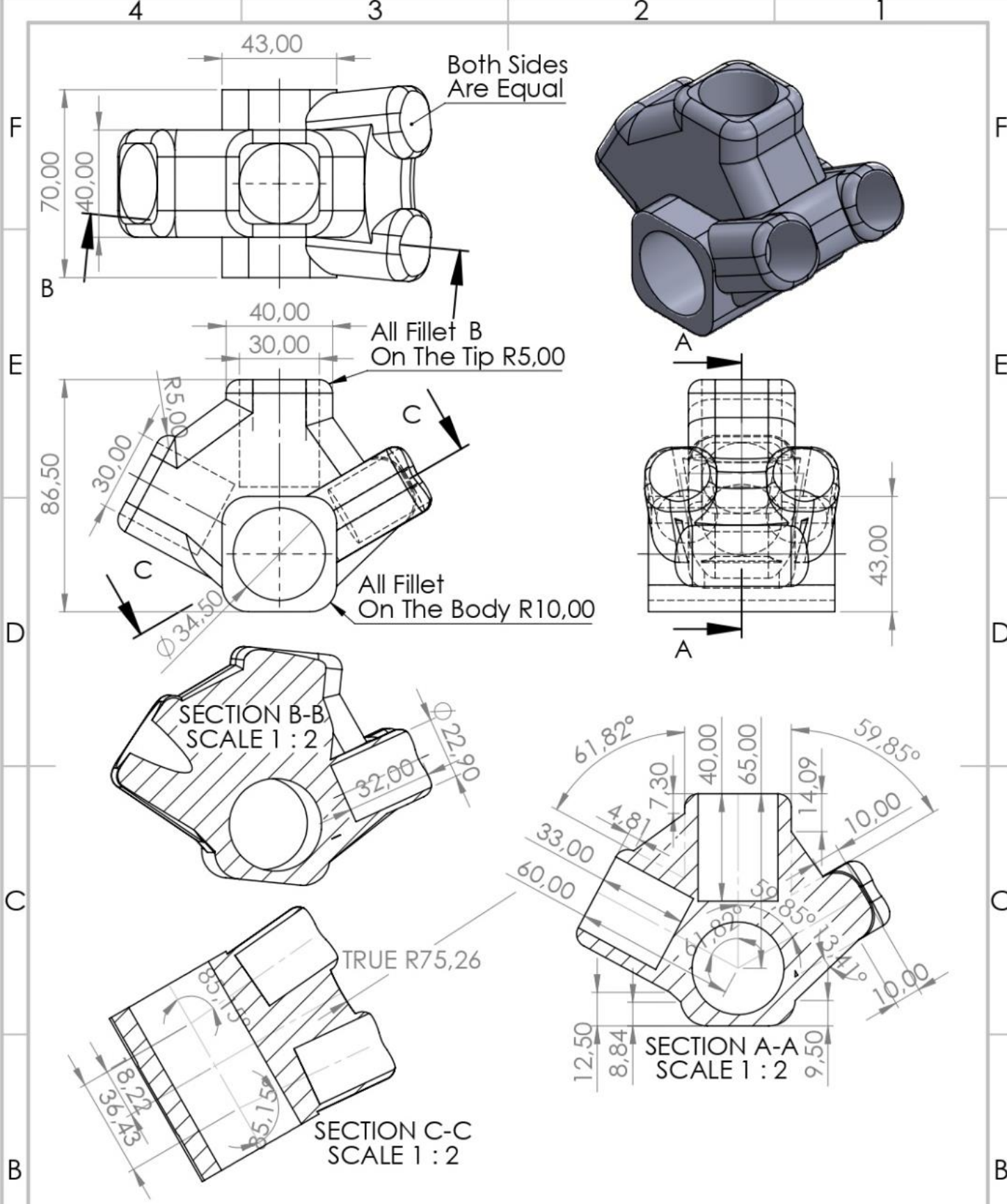


Lampiran 5. Safety Factor Frame



Lampiran 6. Meshing Frame





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NAME</th> <th>SIGNATURE</th> <th>DATE</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>DRAWN</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>CHKD</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>APPVD</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>MFG</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Q.A</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>				NAME	SIGNATURE	DATE		DRAWN				CHKD				APPVD				MFG				Q.A				TITLE:		
NAME	SIGNATURE	DATE																												
DRAWN																														
CHKD																														
APPVD																														
MFG																														
Q.A																														
MATERIAL:				DWG NO.		A4																								
WEIGHT:				SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1																								

Bottom Bracket