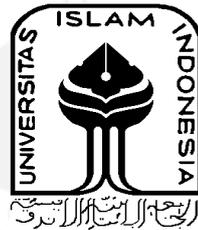


DESAIN DAN PEMBUATAN PEDAL SEPEDA LIPAT DUA SISI

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Ardiyanto Wicaksono
No. Mahasiswa : 17525089
NIRM : 2017023628

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2021

PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, Ardiyanto Wicaksono menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Desain dan Pembuatan Pedal Sepeda Lipat Dua Sisi” adalah hasil tulisan saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa dalam tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan, pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis lainnya.

Yogyakarta, 20 September 2021



Ardiyanto Wicaksono

NIM 17525089

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

DESAIN DAN PEMBUATAN PEDAL SEPEDA LIPAT DUA SISI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Ardiyanto Wicaksono

No. Mahasiswa : 17525089

NIRM : 2017023628

Yogyakarta, 20 September 2021

Pembimbing I,



Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

DESAIN DAN PEMBUATAN PEDAL SEPEDA LIPAT DUA SISI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Ardiyanto Wicaksono

No. Mahasiswa : 17525089

NIRM : 2017023628

Tim Penguji

Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc.

Ketua

Tanggal : 12 Oktober 2021

Dr. Muhammad Khafid, S.T., M.T.

Anggota I

Tanggal : 12 Oktober 2021

Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

Anggota II

Tanggal : 11 Oktober 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Risdiyono S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini dan ucapkan terimakasih kepada:

Bapak dan Ibu,

Arief Dirgantoro & Sri Windrati

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.

Saya,

Ardiyanto Wicaksono

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

“Barang siapa yang keluar untuk mencari ilmu maka ia berada di jalan Allah.”

(HR.Turmudzi)

“I’m not like them but i can pretend, the day is gone but i have a light, the day is done but i’m having fun.”

(Kurt Cobain)

“They laugh at me because i’m different, i laugh at them because they’re all the same.”

(Kurt Cobain)

“Music is energy. A mood, atmosphere. Feeling.”

(Kurt Cobain)

المعهد الإسلامي للدراسات والبحوث
UNIVERSITAS ISLAMIA INDONESIA

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 “DESAIN DAN PEMBUATAN PEDAL SEPEDA LIPAT DUA SISI” 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 menyelaraskan ilmu yang telah diperoleh di bangku kuliah dengan realita yang terjadi di dunia industri. Harapan yang ingin dicapai setelah melakukan kerja praktik 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. Eng. Risdiyono S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Faisal Arif Nurgesang S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing 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 Arief Dirgantoro dan Ibu Sri Windrati 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

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, 20 September 2021



Penulis

الجامعة الإسلامية
الابستد الاندو

ABSTRAK

Sepeda merupakan alat transportasi yang populer disemua kalangan. Di masa pandemi covid-19, kebutuhan sepeda lipat meningkat pesat. Selain sebagai alat transportasi, sepeda kini menjadi gaya hidup untuk menjaga kesehatan. Sepeda lipat memiliki kelebihan utama yaitu dari sisi kepraktisannya. Untuk meningkatkan fungsinya, pabrikan sepeda lipat menawarkan bentuk yang menggunakan *dropbar* dan bobot yang lebih ringan agar dapat melaju dengan cepat. Agar lebih efisien, para pengguna sepeda lipat biasanya mengganti pedal *flat* menjadi pedal *cleat*. Namun, penggunaan pedal *cleat* kurang nyaman jika digunakan untuk bersepeda santai. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang pedal sepeda lipat yang menggabungkan pedal *flat* dan pedal *cleat*. Penelitian diawali dengan membuat tiga alternatif desain yang diwujudkan menjadi sebuah purwarupa menggunakan teknologi *3D printing* yang ditentukan terlebih dahulu parameter proses terbaiknya. Dari ketiga desain tersebut dilakukan pengujian kepada responden untuk memperoleh model terbaik berdasarkan desain, fungsi, dan kenyamanannya. Hasilnya, parameter proses terbaik untuk mewujudkan purwarupa menggunakan 3D printing adalah pada kecepatan cetak 30 mm/s, suhu *nozzle* 255 °C, suhu *bed* 110 °C, *infill density* 80%, dan *layer thickness* 0,4 mm. Sedangkan model terbaik yang disukai responden adalah pedal konsep 2.

Kata kunci: Sepeda Lipat, Pedal Sepeda, *3D Printing*

ABSTRACT

Bicycles are a popular means of transportation in all circles. During the COVID-19 pandemic, the need for folding bicycles has increased rapidly. Apart from being a means of transportation, bicycles are now a lifestyle to maintain health. Folding bicycles have the main advantage of being practical. To increase its functionality, folding bike manufacturers offer a form that uses dropbars and lighter weights to make it go fast. To be more efficient, folding bike users usually replace flat pedals with cleat pedals. However, the use of pedal cleats is less comfortable when used for leisurely cycling. Therefore, this study aims to design a folding bicycle pedal that combines a flat pedal and a cleat pedal. The research begins by making three alternative designs that are realized into a prototype using 3D printing technology which determines the best process parameters in advance. Of the three designs, respondents were tested to obtain the best model based on its design, function, and comfort. As a result, the best process parameters to realize a prototype using 3D printing are at a nozzle speed of 30 mm/s, a nozzle temperature of 255 °C, a bed temperature of 110 °C, an infill density of 80%, and a layer thickness of 0.4 mm. While the best model that the respondents prefer is the concept pedal 2.

Keywords: *Folding Bike, Bicycle Pedal, 3D Printing*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS AKHIR	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	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar Notasi	xvi
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	4
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Komponen Sepeda	7
2.2.2 3D Printing	8
2.2.3 Fused Deposition Modelling (FDM)	9
2.2.4 Computer Aided Design (CAD)	10
2.2.5 Rapid Prototyping	11
2.2.6 Flashforge Creator Pro	11
2.2.7 ABS	13

2.2.8	Pengukuran Dimensi dan Geometri.....	14
2.2.9	Pengujian Tarik (<i>Tensile Test</i>).....	15
2.2.10	<i>Finite Element Analysis</i> (FEA).....	17
2.2.11	Pedal Sepeda.....	18
Bab 3	Metode Penelitian	21
3.1	Alur Penelitian	21
3.2	Penentuan Dimensi Pedal	23
3.3	Kriteria Desain	24
3.4	Konsep Desain	24
3.5	Pengujian Geometri	25
3.6	Pengujian Tarik.....	25
3.7	Pembuatan <i>Prototype</i>	25
3.8	Pengujian <i>Prototype</i>	26
3.9	Simulasi Tegangan Pedal.....	26
Bab 4	Hasil dan Pembahasan	29
4.1	Hasil Perancangan.....	29
4.1.1	Sketsa Desain Konsep	29
4.1.2	Desain Pada <i>Software</i>	30
4.1.3	<i>Rendering</i> Desain	32
4.2	Analisis dan Pembahasan.....	33
4.2.1	Hasil Pembuatan <i>Prototype</i>	33
4.2.2	Hasil Pengujian <i>Prototype</i>	35
4.2.3	Optimalisasi Desain.....	37
4.2.4	Analisis Tegangan	42
BAB 5	Penutup.....	47
1.1	Kesimpulan	47
1.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	47
Daftar Pustaka	48

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1 Data Ukuran Pedal Sepeda Lipat	23
Tabel 3-2 Data Ukuran Pedal <i>Cleat</i>	23
Tabel 3-3 Tabel Bobot Kriteria Desain	24
Tabel 3-4 Parameter Cetak Terbaik Pengujian Geometri.....	25
Tabel 3-5 Parameter Cetak Terbaik Pengujian Tarik	25
Tabel 4-1 <i>Properties</i> Material ABS.....	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1-1 Sepeda Lipat Dengan <i>Dropbar</i>	2
Gambar 1-2 a) Pedal <i>Flat</i> ; b) Pedal <i>Cleat</i>	2
Gambar 2-1 Shimano EH500	7
Gambar 2-2 Komponen-Komponen Sepeda.....	8
Gambar 2-3 <i>3D Printing</i>	9
Gambar 2-4 <i>Fused Deposition Modelling (FDM)</i>	9
Gambar 2-5 Contoh <i>Bill Of Material</i>	10
Gambar 2-6 Contoh CAD.....	11
Gambar 2-7 Mesin <i>3D Print Flashforge Creator Pro</i>	12
Gambar 2-8 Spesifikasi <i>Flashforge Creator Pro</i>	12
Gambar 2-9 <i>Filament ABS</i>	13
Gambar 2-10 <i>ABS Datasheet</i>	14
Gambar 2-11 Proses Pengukuran Dimensi.....	15
Gambar 2-12 Skema Pengujian Tarik	16
Gambar 2-13 Contoh Kurva Uji Tarik	16
Gambar 2-18 <i>Finite Element Analysis</i>	17
Gambar 2-19 Pedal <i>Flat</i>	18
Gambar 2-20 Pedal <i>Toe Clip</i>	19
Gambar 2-21 Pedal <i>Cleat</i>	19
Gambar 3-1 Alur Penelitian.....	22
Gambar 3-2 Dimensi Pedal a) <i>Litepro K3</i> ; b) <i>Litepro K5 Neo</i> ; c) <i>Shimano PD-R540</i> ; d) <i>LOOK Keo Classic 3</i>	24
Gambar 3-3 Proses Pemilihan Material.....	27
Gambar 3-4 Proses Pemilihan <i>Fixed Geometry</i>	27
Gambar 3-5 Proses Penentuan Gaya	28
Gambar 3-6 Proses Mulai Simulasi.....	28
Gambar 4-1 Sketsa Desain Konsep Pedal Dua Sisi.....	29
Gambar 4-2 Pedal Konsep 1	30
Gambar 4-3 Pedal Konsep 2.....	31
Gambar 4-4 Pedal Konsep 3.....	31

Gambar 4-5 Hasil <i>Render</i> Desain a) Konsep Pedal 1; b) Konsep Pedal 2; c) Konsep Pedal 3	32
Gambar 4-6 Proses Pembuatan <i>G-Code</i>	33
Gambar 4-7 Hasil Pencetakan a) <i>Prototype</i> Pedal; b) <i>Prototype Hook</i> Pedal.....	34
Gambar 4-8 Hasil Perakitan <i>Prototype</i> a) Pedal Konsep 1; b) Pedal Konsep 2; c) Pedal Konsep 3	34
Gambar 4-9 a) Pengujian <i>Prototype</i> Kepada Responden; b) Pedal Dua Sisi Ketika Menggunakan Sepatu Biasa ; c) Pedal Dua Sisi Ketika Menggunakan Sepatu <i>Cleat</i>	35
Gambar 4-10 Hasil Kuesioner Kenyamanan Pedal	36
Gambar 4-11 Hasil Kuesioner Fungsi Pedal	36
Gambar 4-12 Hasil Kuesioner Desain Pedal Paling Menarik	37
Gambar 4-13 Massa Pedal Konsep 2 a) Bagian Belakang Pedal; b) Bagian Depan Pedal	38
Gambar 4-14 Panjang Bagian Pedal Konsep 2 a) Bagian Belakang Pedal; b) Bagian Depan Pedal.....	39
Gambar 4-15 Hasil Optimalisasi Desain	40
Gambar 4-16 Massa Bagian Depan Pedal Optimal Desain.....	40
Gambar 4-17 a) Pengujian Desain Pedal Yang Telah Dioptimalkan; b) Pengisian Kuesioner Optimalisasi Desain Oleh Responden.....	41
Gambar 4-18 Hasil Kuesioner Pemilihan Pedal Yang Nyaman Setelah Dilakukan Optimalisasi.....	41
Gambar 4-19 Hasil Kuesioner Pemilihan Desain Pedal Yang Menarik Setelah Dilakukan Optimalisasi	42
Gambar 4-20 Hasil Tegangan Maksimal <i>Von Mises</i> Pada Pedal Bagian Atas (Sepatu <i>Cleat</i>).....	43
Gambar 4-21 Hasil Tegangan Maksimal <i>Von Mises</i> Pada Pedal Bagian Bawah .	44
Gambar 4-22 Hasil Tegangan Maksimal <i>Von Mises</i> Pada <i>Hook</i>	44
Gambar 4-23 Bagian <i>Hook</i> Yang Terkena Tegangan Maksimal dan Minimal	45
Gambar 4-24 Hasil <i>Factor of Safety</i> Pada Pedal Bagian Bawah.....	45
Gambar 4-25 Hasil <i>Factor of Safety</i> Pada <i>Hook</i> Pedal	46

DAFTAR NOTASI

F	= Beban maksimum (N)
l	= Panjang (mm)
τ	= Momen Gaya/Torsi (Nm)
m	= Massa (gram)
g	= Percepatan Gravitasi (m/s^2)



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sepeda merupakan alat transportasi yang ditemukan oleh orang Jerman bernama Baron Karl Von Drais pada tahun 1817 dimana roda sepeda terbuat dari kayu dengan setir tanpa pedal. Seiring dengan berkembangnya teknologi sekarang sepeda memiliki berbagai macam jenis, seperti sepeda gunung, sepeda balap, sepeda BMX, serta sepeda lipat. Pada masa sekarang ini sepeda lipat merupakan sepeda yang sangat diminati, berdasarkan penelitian *iPrice* yang menyatakan bahwa *search interest keyword* untuk sepeda lipat selalu meningkat dan peningkatannya terjadi sangat tajam sebesar 664% (Handayani, 2021). Sepeda lipat menjadi *trend* pada saat ini khususnya saat pandemi Covid-19 dikarenakan memiliki desain yang menarik dan berbagai macam. Selain digunakan sebagai alat transportasi, fungsi sepeda juga berubah menjadi gaya hidup untuk menjaga kesehatan. Sepeda lipat memiliki kelebihan utama yaitu pada efisiensi ruang penyimpanan juga sangat baik dari sepeda ini yang membuat kepraktisan dalam membawanya (Kholilah, Tristiyono, & Susandari, 2019).

Pabrikan sepeda lipat saat ini mulai menawarkan dengan bentuk *dropbar* dan bobot yang ringan agar dapat melaju dengan cepat seperti pada Gambar 1-1. Untuk menunjang efisiensi dalam berkendara sepeda dengan cepat para pengguna sepeda lipat banyak mengganti pedalnya menggunakan pedal *cleat*. Namun, penggunaan pedal tersebut pada sepeda lipat mengakibatkan tidak nyaman ketika digunakan bersepeda santai.



Gambar 1-1 Sepeda Lipat Dengan *Dropbar*

(Sumber: id.pinterest.com)

Pedal sepeda berfungsi dalam menyalurkan tenaga dari kaki untuk memutar rodanya. Pedal sepeda memiliki berbagai jenis, seperti pedal *flat*, pedal *cleat*, dan yang baru-baru ini sedang muncul yaitu pedal dua sisi. Dalam pemilihan pedal disesuaikan dengan jenis sepedanya, pedal *flat* seperti pada Gambar 1-2a sering digunakan pada berbagai jenis sepeda karena memiliki kepraktisan dalam penggunaannya. Sedangkan pedal *cleat* seperti pada Gambar 1-2b digunakan pada sepeda balap karena diketahui bahwa pedal ini memiliki keunggulan dalam meningkatkan performa bersepeda.



(a)



(b)

Gambar 1-2 a) Pedal *Flat*; b) Pedal *Cleat*

(Sumber: www.sepeda.me)

Pedal *cleat* memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan pedal *flat*, yaitu dapat berdiri di atas pedal tanpa takut terpeleset, mampu mengendalikan sepeda, dapat dengan mudah mengikuti gerakan pedal. Namun pedal *cleat* juga memiliki kekurangan seperti perlu sepatu khusus dan ketika dipakai jalan tidak

nyaman dan akan mudah jatuh atau terpeleset di kondisi tertentu ketika tidak terbiasa menggunakannya.

Dari kelebihan yang dimiliki pedal *cleat*, pedal tersebut juga dapat digunakan untuk sepeda lipat dimana sepeda lipat memiliki kemiripan dengan sepeda balap yaitu sama-sama memiliki rangka yang *rigid*, sama-sama digunakan untuk di jalanan aspal. Walaupun sebenarnya sepeda lipat tidak terlalu mengutamakan performa dan lebih kepada kepraktisannya sehingga tidak banyak yang menggunakan pedal *cleat*. Akan tetapi pada sepeda lipat *touring* yang dipakai untuk perjalanan jauh atau membawa beban yang cukup banyak pedal *cleat* mampu meningkatkan efisiensi tenaga.

Oleh karena itu untuk mengatasi persoalan diatas maka akan dibuat pedal dua sisi untuk sepeda lipat yang bisa digunakan pada dua kondisi dimana salah satu sisi bisa digunakan dengan sepatu biasa dan sisi satunya dapat digunakan dengan sepatu *cleat*. Pedal yang dibuat harus seperti layaknya pedal yang biasa digunakan dan tidak menghilangkan fungsi pedal *cleat*-nya itu sendiri. Dan *prototype* dari pedal tersebut dibuat menggunakan teknologi *3D printing*. Dalam penggunaan *3D printing*, parameter pencetakan juga sangat mempengaruhi hasil. Adapun parameter yang perlu diperhatikan dalam mencetak suatu produk menggunakan mesin *3D printing* yaitu *infill density*, *layer thickness*, suhu *nozzle*, kecepatan cetak, suhu *bed*, *raft*, dan *support*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana cara merancang pedal sepeda lipat agar dapat digunakan dalam 2 kondisi (menggunakan sepatu *cleat* dan sepatu biasa)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian pembuatan pedal dua sisi untuk sepeda lipat ini yaitu:

1. Penelitian menggunakan mesin *3D Print Flashforge CreatorPro*.
2. Penelitian menggunakan material (*Acrylonitrile Butadiene Styrene*) ABS.

3. *Software* yang digunakan untuk membuat desain dan simulasi tegangan adalah *SolidWorks* 2019.
4. *Shaft* pedal menggunakan yang sudah ada.
5. *Cleat* menggunakan “Shimano SPD SL Cleat”.
6. Material yang digunakan dalam simulasi tegangan adalah *Aluminium Alloy* 7075-T6.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini yaitu membuat purwarupa pedal sepeda lipat 2 kondisi menggunakan *3D Printing*

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu mampu membuat pedal sepeda lipat yang dapat digunakan pada 2 kondisi.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan materi tugas akhir ini terdiri dari lima bab dan pada setiap bab terdiri dari beberapa sub bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Bab pertama yaitu pendahuluan, dalam pendahuluan ini membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, dan sistematika penulisan ini sendiri.
2. Bab kedua berisi tentang gambaran umum tentang materi-materi yang digunakan.
3. Bab ketiga berkaitan dengan metodologi yang digunakan saat proses penelitian.
4. Bab keempat membahas tentang data dan hasil dari penelitian.
5. Dan yang terakhir adalah bab kelima yaitu penutup, dalam bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran yang relevan untuk penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada tahun 1982 peneliti bernama Hideo Kodama memperkenalkan teknik *rapid prototyping* atau teknik membentuk suatu produk dengan cepat yang terintegrasi dengan sistem CAD dan mesin dengan sistem *rapid prototyping*. (Sutopo, 2017). Tahapan pengembangan produk tradisional terdiri dari beberapa tahap dengan tahapan yang pertama yaitu pembuatan konsep desain, yang kedua detail desain, yang ketiga analisis teknik, yang keempat *prototyping*, yang kelima pembuatan *tool*, dan tahapan yang terakhir adalah produksi. Tahapan-tahapan tersebut dilakukan secara dengan berurutan. Dengan adanya *rapid prototyping* beberapa tahapan dilakukan secara bersamaan dengan tahapan yang pertama yaitu konsep desain dan detail desain, tahap kedua *virtual prototyping* dan analisis teknik, tahapan ketiga *prototyping*, pembuatan *tool*, dan produksi. Dengan adanya teknologi *rapid prototyping* dapat dilakukan secara bersamaan dan dapat diiterasi dengan cepat (*concurrent*) (Gibson, 2013). Salah satu metode *rapid prototyping* yang sering digunakan adalah 3D *printing*.

Perkembangan 3D *printing* yang pesat memungkinkan aplikasi teknologi tersebut di berbagai bidang. Di bidang konstruksi, pembangunan rumah menggunakan 3D *printer* sudah dapat dilakukan dengan hasil struktur yang lebih efisien dan ekonomis dibandingkan dengan metode konvensional (Andrew, 2019). Di bidang medis 3D *printing* telah digunakan untuk membuat peralatan operasi dan prostetik sesuai kebutuhan pengguna, pembuatan model pasien untuk pembelajaran, membuat organ sintesis, dan lain lain (Aimar, Palermo, & Innocenti, 2019). Kedepannya penggunaan 3D *printing* akan semakin intensif. Tidak hanya membangun struktur rumah, 3D *printing* dapat melengkapi struktur rumah dengan membuat sistem listrik dan perpipaannya (Andrew, 2019). Sedangkan di bidang medis 3D *printing* sedang dikembangkan agar dapat mencetak obat, mencetak prostetik yang terhubung dengan otak, dan lain lain (Aimar, Palermo, & Innocenti,

2019). Pengembangan 3D *printing* dapat dilakukan di berbagai bidang, tidak hanya terbatas di kedua bidang tersebut.

Salah satu bidang penerapan 3D *printing* yang populer di masa pandemi *Covid-19* adalah bidang olahraga, khususnya bersepeda menggunakan sepeda lipat. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya popularitas sepeda lipat. Penelitian *iPrice* menyatakan bahwa *search interest keyword* untuk sepeda lipat pada awal Maret 2020 sebesar 90.500 yang pada bulan selanjutnya April meningkat 82% dengan jumlah 165.000. Pada Juni 2020 peningkatan terjadi sangat tajam 664% dengan jumlah *search interest* berjumlah 673.000 (Karnowati & Handayani, 2021).

Sepeda lipat merupakan inovasi baru dari suatu alat transportasi dengan kategori kendaraan roda dua. Sepeda lipat memiliki desain yang menarik dan berbagai macam. Jenis sepeda ini banyak diincar pada saat membeli sepeda karena memiliki desain dan bentuk yang unik. Sepeda ini juga memiliki fungsi yang sangat baik dalam efisiensi ruang penyimpanan. (Kholilah, Tristiyono, & Susandari, 2019). Sepeda sendiri memiliki komponen utama diantaranya adalah rangka sepeda, stang, rem, roda, dan sistem penggerak. Sistem penggerak terdiri dari gabungan pedal, lengan engkol (*crank arm*), gir depan (*chainring*), gir belakang (*sprocket*), dan rantai (*chain*). Sebagai salah satu bagian dari sistem penggerak sepeda, pedal merupakan komponen yang penting. Selain itu pedal juga berfungsi sebagai tumpuan kaki dan alat kayuh. Pedal juga dapat mendukung performa dalam bersepeda. Salah satu jenis pedal sepeda yang digunakan untuk meningkatkan performa adalah pedal *cleat*.

Beberapa penelitian mengenai pedal *cleat* telah dilakukan. Gyeoung-Hoan Shon (2019), dalam penelitiannya, menemukan metode pengaturan pedal *cleat* untuk meningkatkan efisiensi bersepeda dan mengurangi cedera ketika menggunakan sepeda. Viker and Richardson (2012) mempelajari efek posisi sepatu *cleat* (tradisional dan mendekati tumit) selama bersepeda terhadap performa atlet triathlon pada saat berlari. Mereka menemukan bahwa posisi sepatu *cleat* tradisional menghasilkan kecepatan lari yang lebih tinggi 2.1% pada kilometer pertama. Ortega, dkk (2014) meneliti hubungan antara parameter torsional dan rotasional pinggul, lutut, tulang kering, dan telapak kaki pengendara sepeda terhadap sudut *cleat*.

Dipasaran produk pedal sepeda dua sisi sudah dikembangkan. Pedal ini merupakan gabungan antara pedal *flat* dengan pedal *cleat*. Namun pedal tersebut ditujukan untuk penggunaan pada MTB atau sepeda gunung, salah satunya adalah Shimano EH500 seperti pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1 Shimano EH500

Pedal *flat* dan *cleat* memiliki keunggulan masing-masing, pedal *cleat* memiliki keunggulan dapat meningkatkan performa dan pedal *flat* memiliki keunggulan dimana kaki lebih bebas bergerak, dapat menggunakan sepatu apa saja, dan memiliki ukuran yang relatif tipis. Dari keunggulan yang dimiliki masing-masing pedal dan terjadinya peningkatan minat masyarakat dalam penggunaan sepeda pada masa pandemi *Covid-19* ini maka pedal dua sisi ini sangat cocok untuk dikembangkan lebih lanjut. Ditambah lagi dengan adanya teknologi *rapid prototyping* dan teknologi *3D printing* yang mempercepat dalam pembuatan suatu produk sangat mendukung untuk mengembangkan produk pedal dua sisi ini.

2.2 Dasar Teori

Pada penelitian ini digunakan beberapa dasar teori sebagai landasan untuk melakukan pembuatan suatu produk, dasar teori tersebut seperti yang ada di bawah ini.

2.2.1 Komponen Sepeda

Sepeda merupakan alat transportasi yang mulai menjadi gaya hidup. Sepeda memiliki beberapa komponen-komponen utama seperti rangka, dudukan sadel, *headset*, *fork*, *stem* dan setang, rem, ban dan roda, *crankset*. Adapun komponen penunjang dari komponen utama yang detailnya seperti pada Gambar 2-2 berikut.



Gambar 2-2 Komponen-Komponen Sepeda
(Sumber: www.pngdownload.id)

2.2.2 3D Printing

Pencetakan 3D seperti pada Gambar 2-3 adalah salah satu dari banyak proses yang dikendalikan komputer untuk menggabungkan dan mengkompresi bahan untuk membuat objek 3D *Layered Manufacture*. *Layered Manufacture* menciptakan padatan dari model CAD dengan menambahkan lapisan material yang berurutan, lapis demi lapis. Karena bagian dibuat lapis demi lapis, orientasi konstruksi merupakan peran penting dalam pembuatan lapisan karena dapat meningkatkan kualitas bagian dalam hal akurasi dan penyelesaian permukaan, mengurangi volume yang diperlukan dan waktu pembuatan. Ini juga mempengaruhi kekuatan produk dan biaya produksinya. Artikel ini memberikan gambaran umum tentang berbagai aplikasi manufaktur hierarkis hingga pembuatan *prototype* 3D produk gaya hidup (France, 2014).

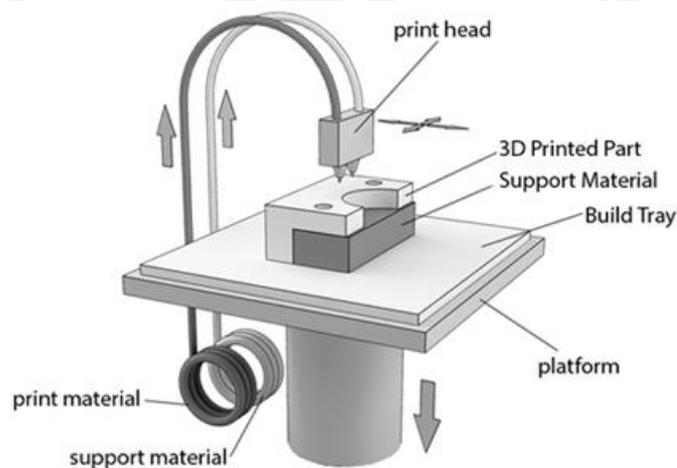


Gambar 2-3 3D Printing

(Sumber: www.safetyandhealthmagazine.com)

2.2.3 Fused Deposition Modelling (FDM)

Fused Deposition Modelling (FDM) adalah metode yang dipakai untuk pembuatan *prototype*. Seperti pada Gambar 2-4, FDM memiliki cara kerja yaitu dengan menggunakan *head* (kepala penyemprot) yang dipanaskan dan digerakkan melalui sumbu x dan y untuk membentuk *layer* dengan menggunakan material plastis yang disemprotkan ke *bed*. Lalu *platform* bergerak kebawah, dan *layer* selanjutnya akan segera dibuat. Untuk produk yang membutuhkan *support*, maka *head* menyemprotkan material penunjang di sekeliling produk. Material penunjang ini dapat dengan mudah untuk dilepaskan dari produk setelah selesai tercetak. (Budiono, 2015)



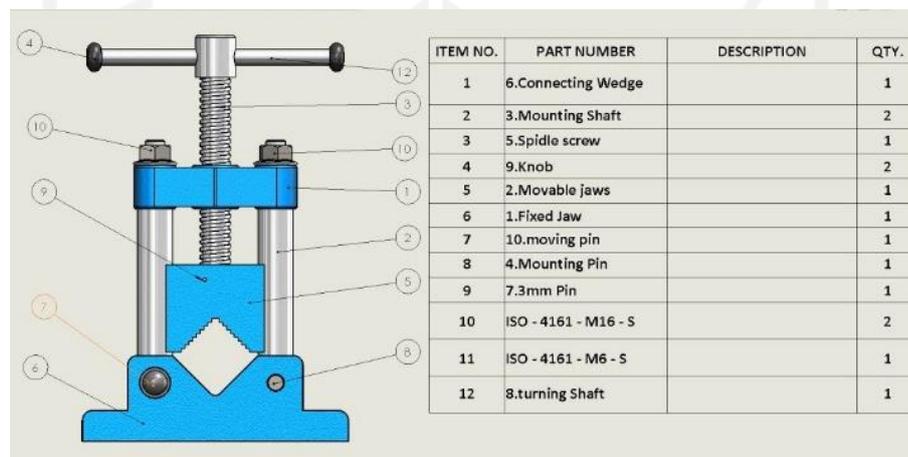
Gambar 2-4 Fused Deposition Modelling (FDM)

(Sumber: Budiono, 2015)

2.2.4 Computer Aided Design (CAD)

Computer Aided Design (CAD) adalah suatu hasil pengembangan grafis interaktif pada 1960-an dan kemajuan dari produktifitas *engineer* desain pada 1970-an. *Engineer* dapat menggunakan CAD untuk mendefinisikan suatu komponen, menganalisis faktor dalam komponen, mensimulasikan sifat mekaniknya, dll (Wibisono, 2016).

Proses yang dapat dilakukan CAD menghasilkan suatu *database* desain, yang mencakup data geometrik (bagian / bentuk produk atau efek visual) dan data non-geometris seperti *bill of material* (BOM), peralatan yang dibutuhkan, dan data lainnya, yang berguna bagi pengguna *database* desain tersebut.



ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	6.Connecting Wedge		1
2	3.Mounting Shaft		2
3	5.Spindle screw		1
4	9.Knob		2
5	2.Movable jaws		1
6	1.Fixed Jaw		1
7	10.moving pin		1
8	4.Mounting Pin		1
9	7.3mm Pin		1
10	ISO - 4161 - M16 - S		2
11	ISO - 4161 - M6 - S		1
12	8.turning Shaft		1

Gambar 2-5 Contoh *Bill Of Material*

(Sumber: www.youtube.com/watch?v=E0Mn1p7dC-g)

Dalam bahasa sederhana CAD adalah teknologi yang membantu kita dalam proses membuat desain suatu produk menggunakan komputer. Dalam CAD ini ada banyak sekali *software* yang dapat membantu kita contohnya adalah *SolidWorks* dan *Autodesk Inventor*.

CAD merupakan suatu yang sangat membantu untuk melakukan proses produksi karena sebelum masuk ke proses pemesinan, suatu produk dapat digambarkan secara jelas seperti pada Gambar 2-6. Format 3D membuatnya semakin jelas dan semakin nyata dibandingkan zaman sebelum adanya CAD.



Gambar 2-6 Contoh CAD
(Sumber: www.dreamstime.com)

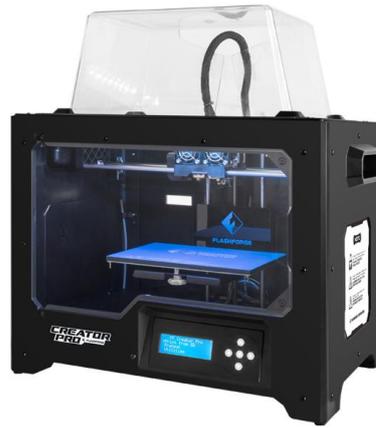
2.2.5 *Rapid Prototyping*

Rapid prototyping (RP) dan *3D printing* telah berhasil digunakan pada banyak aspek pada masa sekarang ini. Teknologi *rapid prototyping* masih terus dikembangkan untuk mendukung bidang lain yang mendukung manusia. Teknologi pencetakan 3D dapat memenuhi diversifikasi, industrialisasi, dan kebutuhan informasi rekayasa konstruksi, sehingga memungkinkan untuk membangun struktur melalui pencetakan (Setyani, 2019).

Rapid Prototyping (RP) adalah proses manufaktur yang menggunakan perangkat lunak *computer aided design* (CAD) untuk menghasilkan produk atau komponen. RP memungkinkan tampilan desain 3D menjadi produk 3D nyata dengan dimensi tertentu. Kualitas produk akhir tergantung pada ketebalan lapisan mesin *rapid prototyping*. Semakin tipis lapisan antar lapisan penyusunnya, semakin baik kualitas permukaan produk atau komponen yang diproduksi (Carneiro, Silva, & Gomes, 2015).

2.2.6 *Flashforge Creator Pro*

Mesin *3D print Flashforge Creator Pro* seperti pada Gambar 2-7 ini merupakan mesin *3D print* dengan tipe FDM (*Fused Deposition Material*) yang memiliki fitur lengkap seperti dapat mencetak berbagai material, memiliki dua *nozzle*, *bed* terbuat dari aluminium yang dapat dipanaskan, dan memiliki panel LCD yang ergonomis yang nyaman.



Gambar 2-7 Mesin 3D Print *Flashforge Creator Pro*
(Sumber: www.flashforge.com)

Mesin *Flashforge Creator Pro* ini digunakan karena memiliki diameter *extruder* 0.4 mm, *temperture ekstruder* maksimum 240°C, kecepatan cetak 10-100 mm/s, dan *bed temperature* maksimum 120°C. Untuk spesifikasi detail alat ini seperti pada Gambar 2-8 berikut.

Specification			
Print		Device	
Extruder Number:	2	Device Measure:	526*360*403 (550) mm
Extruder Diameter:	0.4mm	Screen:	LCD screen
Maximum Set Temperature Of Extruder:	240°C	Net Weight:	14.8kg
Print Speed:	10-100mm/s	Gross Weight:	21.5kg
Maximum Set Temperature Of Platform:	120°C	Input:	100-240 VAC,47-63Hz
Support Filament:	PLA, TPU 95A, ABS, PETG	Output:	24V, 13.3A
Print Volume:	227*148*150mm	Power:	320w
Layer Resolution:	0.1mm-0.4mm	Spool:	External
Print Resolution:	±0.2mm		
Software/Communication		Other	
Data Transmission:	SD card	Camera:	no
Software:	FlashPrint	Filter Fan:	no
Output:	X3G files	Resume Print:	no
Input:	3MF/STL/OBJ/FPP/BMP/PNG/JPG/JPEG files	Running Noise:	50dB
		Working Environment:	18-30°C

Gambar 2-8 Spesifikasi *Flashforge Creator Pro*
(Sumber: www.flashforge.com)

2.2.7 ABS

Plastik ABS adalah jenis plastik yang terbentuk dari beberapa jenis monomer yaitu *Acrylonitrile*, *Butadiene*, dan *Styrene*. Sifat dari material ABS ini stabil ketika terkena panas, tahan bahan kimia, liat, tahan banting, kaku, dan mudah dibentuk. Material ABS memiliki berbagai proses cetak, yaitu cetak injeksi, cetak tiup, ekstrusi, *roto molding*, *thermoforming* (Wicaksono, Budiyanoro, & Sosiati, 2019).



Gambar 2-9 *Filament ABS*

(Sumber: www.indonesian.alibaba.com)

ABS cenderung mudah digunakan untuk pencetakan, tetapi cenderung mudah menyusut selama pendinginan, yang sedikit mempengaruhi hasil cetak. Saat menggunakan ABS, *bed* harus dipanaskan dan direkatkan. Material ini cukup aman untuk manusia tetapi menghasilkan sedikit bau plastik saat ABS dipanaskan.

Material ABS memiliki kekuatan tarik sebesar 22.1-59.3 MPa dan kekuatan luluh sebesar 13.0-65.0 MPa. Untuk detail lengkap *properties* dari material ABS ditunjukkan pada *datasheet* seperti Gambar 2-10 dibawah ini.

Physical Properties	Metric
Density	1.01 - 1.20 g/cc
Water Absorption	0.050 - 1.0 %
Moisture Absorption at Equilibrium	0.00 - 0.30 %
Water Absorption at Saturation	0.30 - 1.03 %
Maximum Moisture Content	0.010 - 0.15
Linear Mold Shrinkage	0.0020 - 0.0080 cm/cm
Linear Mold Shrinkage, Transverse	0.0030 - 0.0080 cm/cm
Melt Flow	0.10 - 35 g/10 min

Mechanical Properties	Metric
Hardness, Rockwell R	68 - 118
Ball Indentation Hardness	65.0 - 110 MPa
Tensile Strength, Ultimate	22.1 - 74.0 MPa
Tensile Strength, Yield	13.0 - 65.0 MPa
	22.1 - 59.3 MPa @Temperature -18.0 - 71.0 °C
Elongation at Break	3.0 - 150 %
Elongation at Yield	0.62 - 30 %
Modulus of Elasticity	1.00 - 2.65 GPa

Gambar 2-10 ABS *Datasheet*

(Sumber: www.matweb.com)

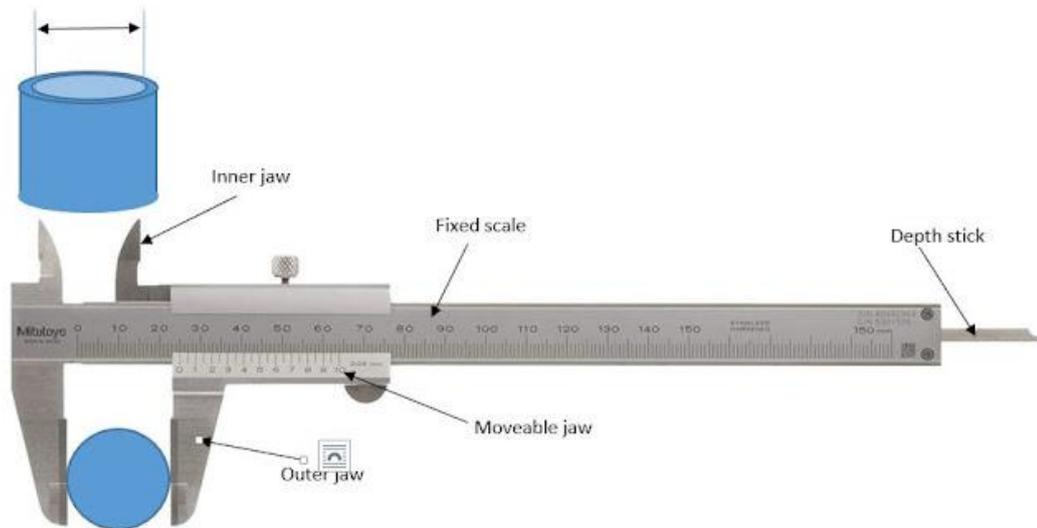
2.2.8 Pengukuran Dimensi dan Geometri

Size measurement atau pengukuran dimensi adalah pengukuran yang berfungsi untuk mengukur panjang, sudut kedalaman, diameter, dan lebar. Sedangkan *form measurement* atau pengujian geometri adalah pengukuran yang berfungsi untuk memverifikasi nilai toleransi geometri. Pengukuran geometri memiliki beberapa contoh diantaranya, *run-out*, *perpendicularity*, *location*, *flatness*, dan *orientation*. Dalam pengukuran dimensi dan geometri memiliki dua standar pengukuran yaitu standar *end* dan standar *line*. Standar ini sebagai acuan atau dasar yang ditentukan secara internasional untuk mengkonfirmasi hasil dari pengukuran (Syam, 2017).

Standar *end* adalah salah satu standar pengukuran yang mengukur panjang menggunakan jarak antara dua bidang sejajar. Contoh pengukuran standar ini adalah *block gauge* dan *slip gauge*. Standar ini mempunyai keakuratan yang tinggi dan toleransi yang ketat.

Standar *line* adalah salah satu standar pengukuran yang mengukur panjang menggunakan jarak antara dua bidang. Contoh dari pengukuran standar *line* adalah jangka sorong dan penggaris. Standar ini memiliki tingkat keakuratan yang jauh

lebih tinggi dan pengukurannya dapat dilakukan secara lebih cepat dibandingkan standar *end*.

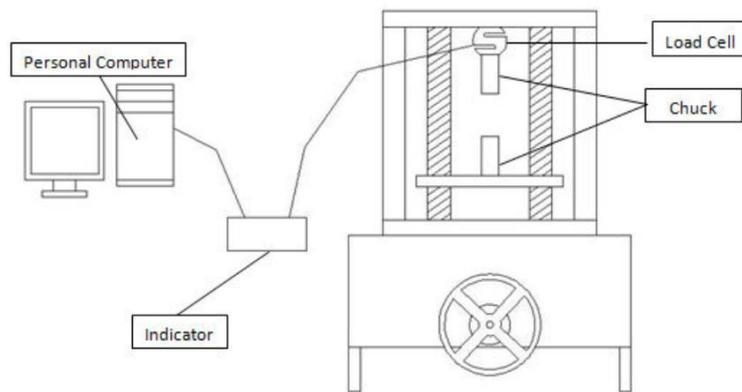


Gambar 2-11 Proses Pengukuran Dimensi

(Sumber: www.autoexpose.org)

2.2.9 Pengujian Tarik (*Tensile Test*)

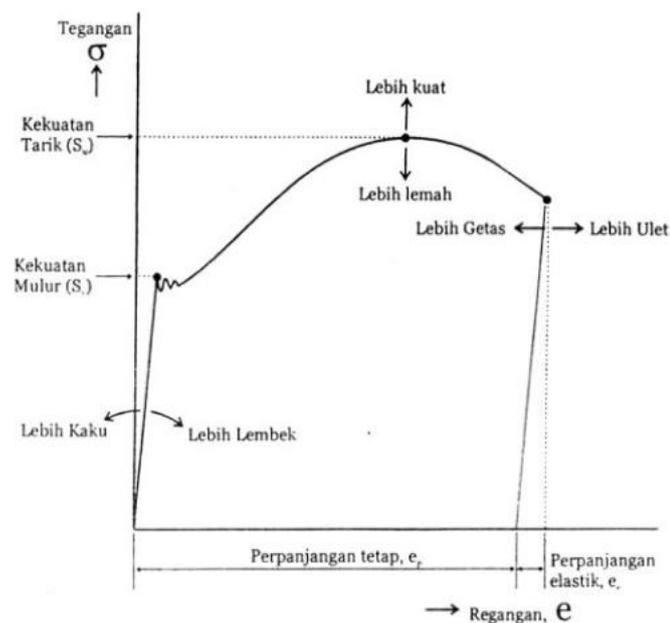
Salah satu penyebab yang dapat menyebabkan kegagalan elemen struktur mesin adalah beban yang bekerja pada elemen mesin melebihi batas kekuatan material. Setiap material memiliki sifat kekuatan. Kekuatan suatu material terdiri dari dua bagian, yaitu kekuatan tarik dan kekuatan mulur. Kekuatan material dapat diperoleh dengan suatu uji yang disebut dengan uji tarik. Dari pengujian ini selain didapatkan spesimen uji yang putus akibat proses penarikan juga didapatkan kurva uji tarik. Kurva ini menggambarkan proses pembebanan spesimen dari awal mulai alat menarik hingga spesimen terjadi putus. (Budiman H. , 2016)



Gambar 2-12 Skema Pengujian Tarik

(Sumber: Budiman H., 2016)

Dapat dilihat pada Gambar 2-12 bahwa mesin uji tarik memiliki beberapa komponen utama. Komponennya meliputi *load cell*, *extensometer*, *moving crosshead*, dan spesimen. *Load cell* berfungsi untuk mencatat besarnya beban (F) yang terjadi pada spesimen, sedangkan *ekstensometer* digunakan untuk mencatat pertambahan panjang material (ΔL) pada spesimen. Hubungan antara gaya (F) dan pertambahan panjang material (ΔL) nantinya akan diubah menjadi kurva tegangan (σ) terhadap regangan (e) seperti pada Gambar 2-13.

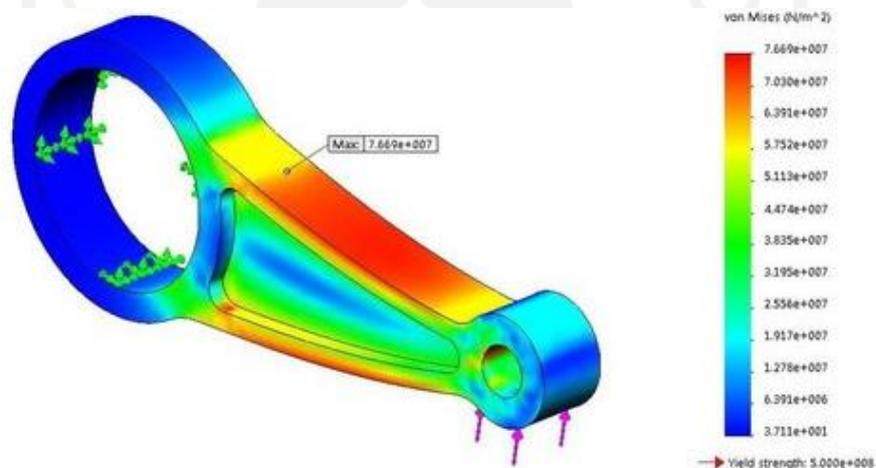


Gambar 2-13 Contoh Kurva Uji Tarik

(Sumber: Budiman H., 2016)

2.2.10 Finite Element Analysis (FEA)

Finite Element Method (FEM) adalah metode numerik untuk memecahkan masalah teknik dan fisika matematika, atau disebut sebagai *Finite Element Analysis* (FEA). *Finite Element Analysis* adalah metode terkomputerisasi untuk memprediksi bagaimana produk bereaksi terhadap gaya yang terjadi, getaran, panas, aliran fluida, dan efek fisik lainnya. *Finite Element Analysis* menunjukkan apakah suatu produk akan rusak, aus, atau bekerja sesuai dengan desain yang telah dibuat. Walaupun hanya analisis, tetapi dalam proses pengembangan produk, ini digunakan untuk memprediksi apa yang akan terjadi ketika produk digunakan. *Finite Element Analysis* membantu memprediksi perilaku produk yang dipengaruhi oleh banyak efek yaitu, tekanan mekanik, getaran mekanis, kelelahan, gerakan, perpindahan panas, dan aliran fluida (Yudha, 2017).



Gambar 2-14 *Finite Element Analysis*

(Sumber: www.indiamart.com)

Dalam simulasi struktural, FEM sangat membantu dalam menghasilkan visualisasi kekakuan dan kekuatan dan juga dalam meminimalkan berat, bahan, dan biaya. FEM memungkinkan visualisasi rinci di mana struktur menekuk atau memutar, dan menunjukkan distribusi tegangan dan perpindahan. Perangkat lunak FEM menyediakan berbagai pilihan simulasi untuk mengendalikan kompleksitas pemodelan dan analisis sistem. FEM memungkinkan seluruh desain dibangun, disempurnakan, dan dioptimalkan sebelum desain dibuat (Yudha, 2017).

2.2.11 Pedal Sepeda

Pedal sepeda merupakan salah satu komponen penting dari sepeda. Pedal berfungsi sebagai alat penyalur tenaga kaki untuk memutar roda sepeda. Pedal juga berfungsi sebagai pengatur cepat atau lambatnya kecepatan sepeda. Tanpa adanya pedal pengguna sepeda tidak dapat menjalankan sepedanya. Pedal sepeda memiliki berbagai macam jenis seperti berikut.

1. Pedal *Flat*

Jenis pedal ini merupakan yang paling banyak ditemukan di berbagai sepeda. Pedal *flat* ini adalah jenis pedal yang paling sederhana. Seperti namanya, bentuk pedal datar ini seperti papan yang rata tempat yang diinjak untuk menggerakkan *crankset* seperti pada Gambar 2-15 berikut.



Gambar 2-15 Pedal *Flat*

(Sumber: www.gowespedia.com)

Karena penggunaan yang *simple*, pedal *flat* banyak dipasangkan pada sepeda dengan penggunaan sehari-hari. Pada penggunaan profesional, pedal *flat* digunakan pada cabang balap yang tidak terlalu mengandalkan kayuhan pedal untuk melaju contohnya pada *downhill*.

2. Pedal *Toe Clip*

Pada dasarnya jenis pedal *toe clip* adalah pedal *flat*. Namun pada pedal *toe clip* diberikan tambahan berupa pengikat kaki yang berbentuk tali dan pelat melengkung seperti pada Gambar 2-16 berikut.



Gambar 2-16 Pedal *Toe Clip*
(Sumber: www.gowespedia.com)

Pengikat kaki ini berfungsi agar kaki tidak selip saat diinjak. Selain itu dengan diikatnya kaki ke pedal, maka tenaga yang dihasilkan dapat lebih optimal tersalurkan menjadi gerakan sepeda.

3. Pedal *Cleat*

Pedal *cleat* ini merupakan pengembangan dari pedal *toe clip*. Pada prinsipnya, jenis pedal ini juga mengikat kaki agar menempel ke pedal sehingga transfer tenaga yang dihasilkan bisa lebih efisien. Pada jenis pedal sepeda ini terdapat 2 bagian, bagian pertama adalah pedal unitnya yang dipasang pada *crank arm* sepeda dan bagian keduanya bernama *cleat* yang dipasang pada sepatu seperti pada Gambar 2-17 berikut.



Gambar 2-17 Pedal *Cleat*
(Sumber: www.sepeda.me)

Cleat ini memiliki bentuk yang didesain khusus agar dapat mengikat kaki ke pedal. *Cleat* harus dipasangkan pada sepatu khusus yang

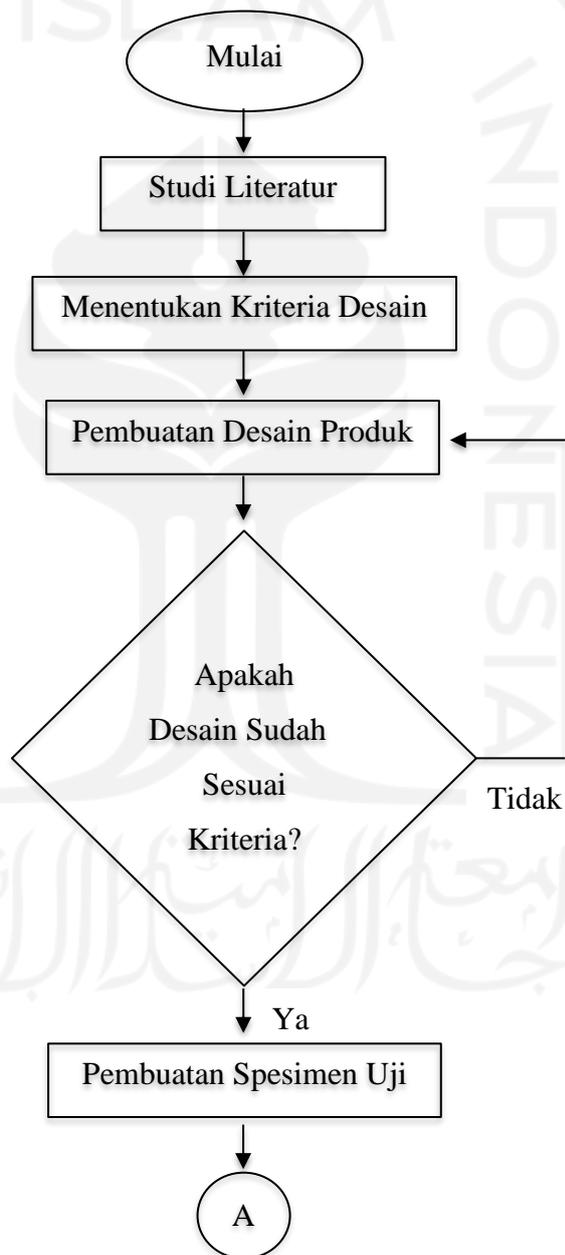
mendukung *cleat*. Umumnya *cleat* dipasang pada sepatu dengan menggunakan baut sebagai pengikatnya.

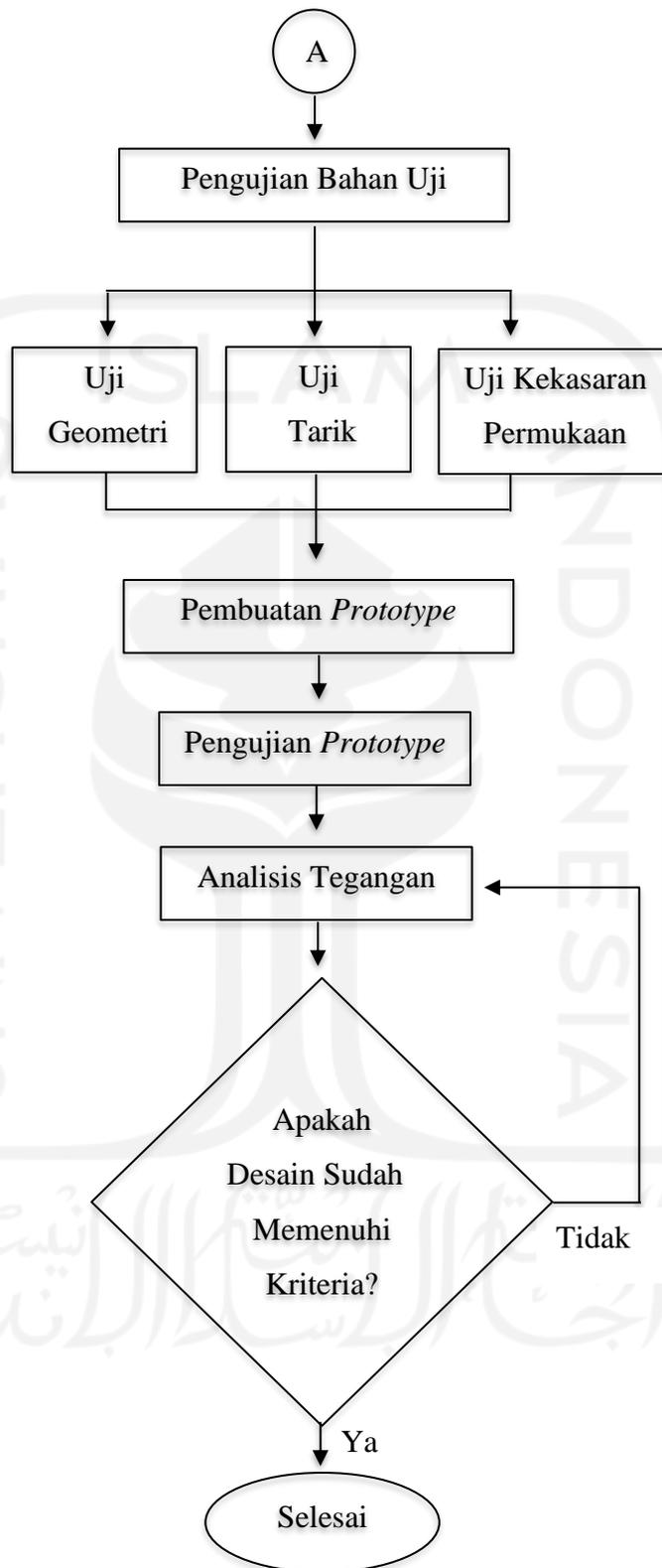


BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan sesuai dengan alur penelitian yang telah ditentukan. Alur penelitian yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3-1 dibawah ini:





Gambar 3-1 Alur Penelitian

3.2 Penentuan Dimensi Pedal

Dimensi pedal sepeda dibuat berdasarkan beberapa pedal yang ada dipasaran yang banyak diminati oleh orang-orang Indonesia. Dari data Tabel 3-1 dan Tabel 3-2 tersebut akan menentukan ukuran lebar, tinggi, dan tebal dari produk pedal dua sisi untuk sepeda lipat. Dalam penelitian ini dimensi pedal menggabungkan antara dimensi pedal *cleat* dengan pedal sepeda lipat.

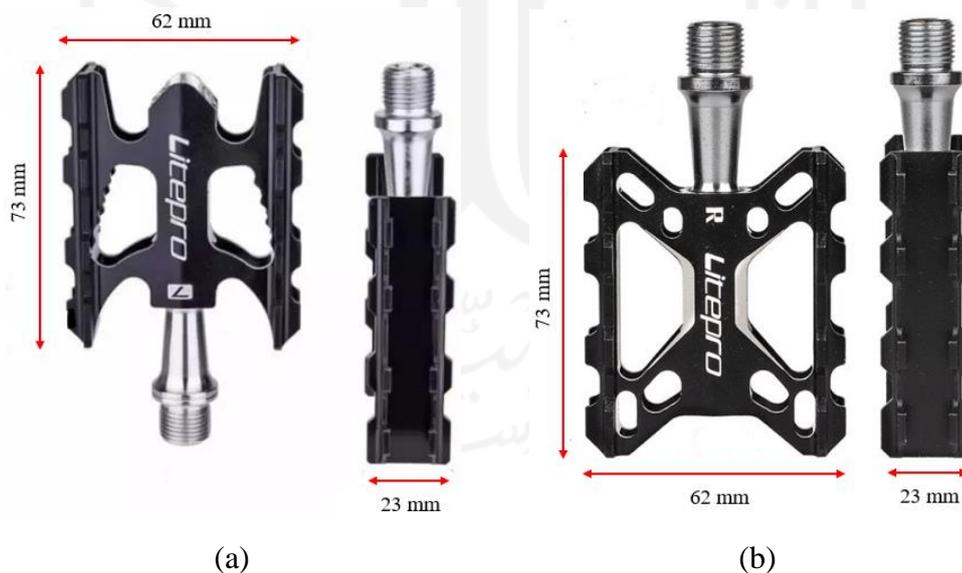
Tabel 3-1 Data Ukuran Pedal Sepeda Lipat

No	Jenis	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Tebal (mm)
1	Litepro K3	73	62	23
2	Litepro K5 Neo	73	62	23

Tabel 3-2 Data Ukuran Pedal *Cleat*

No	Jenis	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Tebal (mm)
1	Shimano PD-R540	57	90	35
2	LOOK Keo Classic 3	60.5	93	36

Untuk detail dimensi pedal yang telah disebutkan pada tabel diatas adalah seperti yang ada pada Gambar 3-2 berikut.





Gambar 3-2 Dimensi Pedal a) Litepro K3; b) Litepro K5 Neo; c) Shimano PD-R540; d) LOOK Keo Classic 3

3.3 Kriteria Desain

Adapun kriteria desain dari pedal dua sisi untuk sepeda lipat yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Pedal sepeda lipat dapat digunakan pada 2 kondisi (kondisi menggunakan sepatu *cleat* dan kondisi menggunakan sepatu biasa).
2. Pedal yang dibuat harus kuat saat digunakan.
3. Pedal yang dibuat harus nyaman digunakan dan memiliki desain yang menarik.

Dari kriteria desain yang telah ditentukan maka setiap kriterianya memiliki bobot yang berbeda-beda, Adapun detailnya adalah ditunjukkan pada table berikut.

Tabel 3-3 Tabel Bobot Kriteria Desain

No	Kriteria Desain	Bobot
1	Fungsi Pedal (dapat digunakan pada 2 kondisi)	35%
2	Kekuatan Pedal	45%
3	Kenyamanan dan Desain Pedal	20%

3.4 Konsep Desain

Konsep desain pada penelitian ini dibuat menggunakan gambar manual tangan sebanyak 3 buah desain. Setelah gambar manual jadi dilakukan pembuatan desain menggunakan *software* CAD (*SolidWorks* 2019). Kemudian tahap terakhir adalah proses *rendering* dari hasil desain yang telah dibuat.

3.5 Pengujian Geometri

Pada pra penelitian pengujian geometri untuk mencetak material ABS yang telah dilakukan, didapatkan bahwa parameter pencetakan 3D dengan material ABS yang memiliki hasil pengujian terbaik adalah ketika parameter nya seperti pada Tabel 3-4 berikut.

Tabel 3-4 Parameter Cetak Terbaik Pengujian Geometri

Parameter Cetak				
Tebal <i>Layer</i> (mm)	Suhu Meja (°C)	<i>Density</i> (%)	Kecepatan (mm/s)	Suhu <i>Nozzle</i> (°C)
0,4	110	80	40	245

3.6 Pengujian Tarik

Pada pra penelitian pengujian tarik untuk mencetak material ABS yang telah dilakukan, didapatkan bahwa parameter pencetakan 3D dengan material ABS yang memiliki hasil pengujian terbaik atau memiliki kekuatan tarik yang paling besar dengan nilai 33.52 MPa adalah ketika parameter nya seperti pada Tabel 3-5 berikut.

Tabel 3-5 Parameter Cetak Terbaik Pengujian Tarik

Parameter Cetak				
Tebal <i>Layer</i> (mm)	Suhu Meja (°C)	<i>Density</i> (%)	Suhu <i>Nozzle</i> (°C)	Kecepatan (mm/s)
0,4	110	80	255	30

3.7 Pembuatan *Prototype*

Pada pembuatan *prototype* pedal sepeda lipat dua sisi ini menggunakan metode 3D *printing* dengan material yang digunakan adalah ABS. Dalam pencetakan *prototype* pada penelitian ini parameter untuk pencetakannya adalah

menggunakan parameter terbaik pada pengujian yang telah dilakukan sebelumnya. Hal tersebut sangat penting dalam pembuatan *prototype*, dikarenakan *prototype* harus kuat dan dibuat semirip mungkin dengan fungsi yang sama dengan produk yang akan dicetak nantinya.

3.8 Pengujian *Prototype*

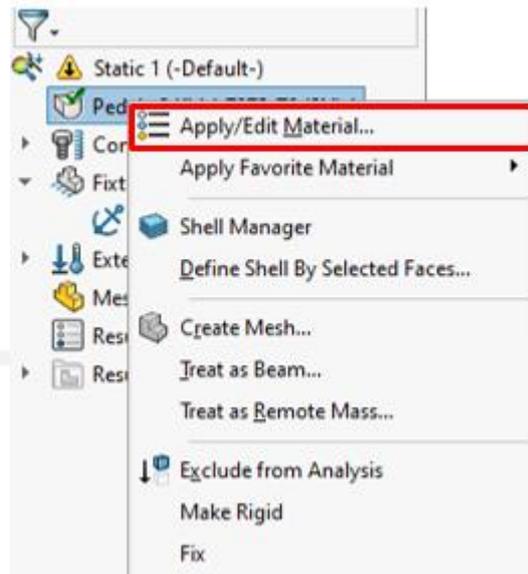
Pada tahap ini produk yang telah dibuat diuji langsung dengan dipasangkan pada sepeda dan digunakan seperti kegunaan pedal pada umumnya. Setelah dilakukan pengujian responden mengisi kuesioner yang telah ditentukan untuk mengetahui hasil dari pengujian tersebut. Kuesioner dilakukan menggunakan media daring dalam bentuk *google form*. Latar belakang dari responden dalam kuesioner ini adalah pengguna sepeda. Adapun pertanyaannya adalah (1) Dari ketiga pedal yang telah anda gunakan, pedal mana yang menurut anda nyaman (2) Produk manakah yang fungsinya paling sesuai dengan kegunaannya (3) Produk manakah yang desain nya paling menarik menurut anda. Dari kuesioner tersebut produk yang paling banyak dipilih responden yang akan terpilih.

3.9 Simulasi Tegangan Pedal

Dari desain yang telah terpilih dilakukan simulasi tegangan menggunakan *software CAD (SolidWorks 2019)*. Analisis ini melalui beberapa tahapan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pemilihan Material

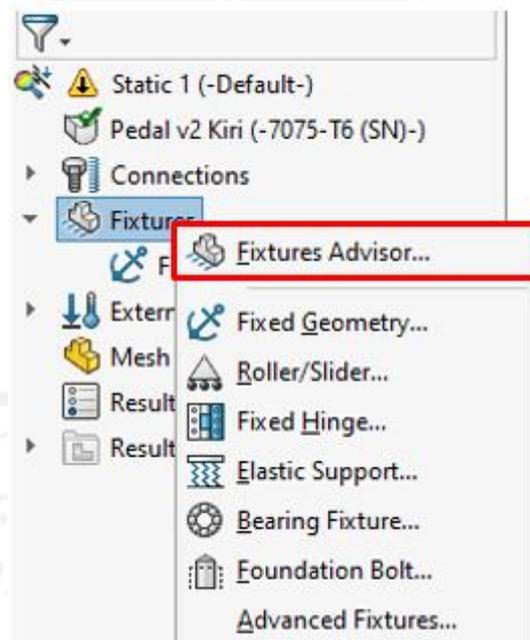
Tahap awal sebelum melakukan analisis tegangan adalah memilih material yang akan digunakan.



Gambar 3-3 Proses Pemilihan Material

2. Pemilihan *Fixed Geometry*

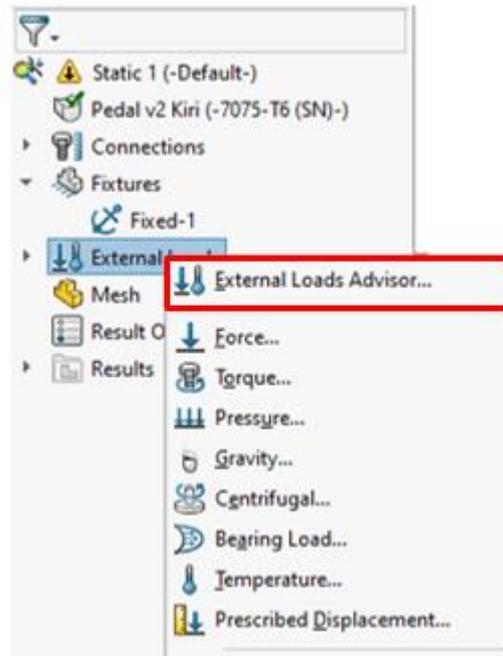
Pada tahapan ini ditentukan *Fixed Geometry* atau bagian yang melawan gaya dari pedal dua sisi sepeda lipat tersebut.



Gambar 3-4 Proses Pemilihan *Fixed Geometry*

3. Pemberian Beban (*External Load*)

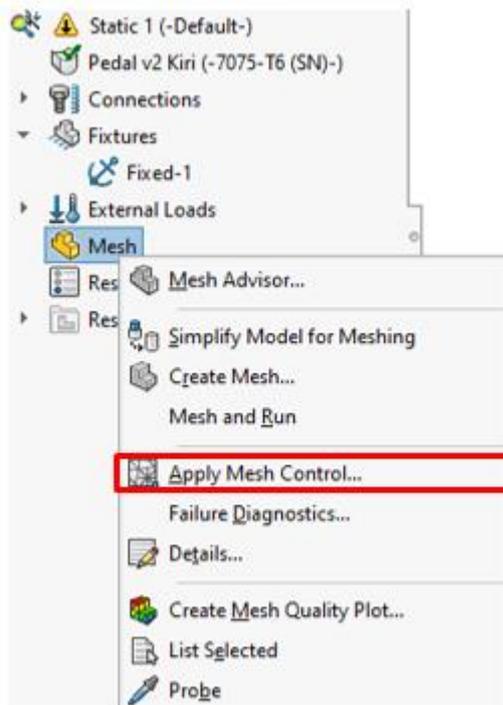
Pada tahap ini dipilih bagian yang dikenai gaya lalu menentukan besar gaya yang telah ditentukan dalam satuan Newton.



Gambar 3-5 Proses Penentuan Gaya

4. Simulasi

Pada tahap ini adalah tahap terakhir dalam analisis tegangan. Setelah semua parameter terpenuhi maka dapat dimulai simulasinya. Hasil yang didapatkan yaitu nilai *stress*, *displacement*, *strain*, dan *factor of safety*.



Gambar 3-6 Proses Mulai Simulasi

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Adapun beberapa hasil konsep desain yang telah dibuat diantaranya adalah sebagai berikut.

4.1.1 Sketsa Desain Konsep

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan desain sketsa sebanyak tiga buah sebelum dilakukan pembuatan menggunakan *SolidWorks* 2019 seperti dapat dilihat pada Gambar 4-1 berikut ini



Gambar 4-1 Sketsa Desain Konsep Pedal Dua Sisi

Pada sketsa desain konsep 1 pedal dibuat dengan bentuk geometri yang sama antara bagian atas dan bawah yaitu segi enam. Pada bagian atas digunakan ketika menggunakan sepatu *cleat* dan bagian bawah digunakan ketika menggunakan sepatu biasa.

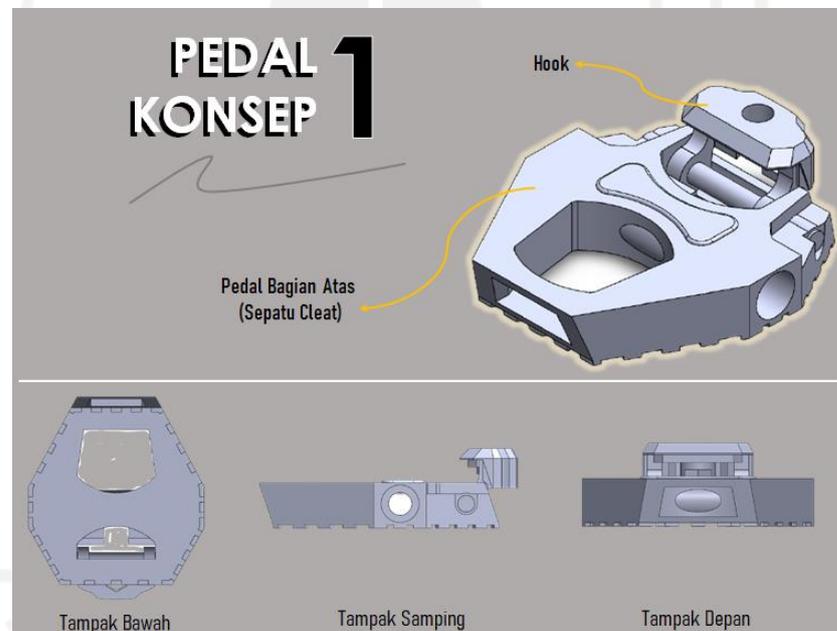
Pada sketsa desain konsep 2 pedal dibuat dengan bentuk geometri yang berbeda antara bagian atas dan bagian bawah, bagian atas berbentuk segi enam dan

bagian bawah berbentuk huruf “X”. Pada bagian atas digunakan ketika menggunakan sepatu *cleat* dan bagian bawah digunakan ketika menggunakan sepatu biasa.

Pada sketsa desain konsep 3 ini pedal dibuat dengan bentuk geometri yang berbeda antara bagian atas dan bagian bawah, bagian atas berbentuk segi enam dan bagian bawah berbentuk persegi. Pada bagian atas digunakan ketika menggunakan sepatu *cleat* dan bagian bawah digunakan ketika menggunakan sepatu biasa.

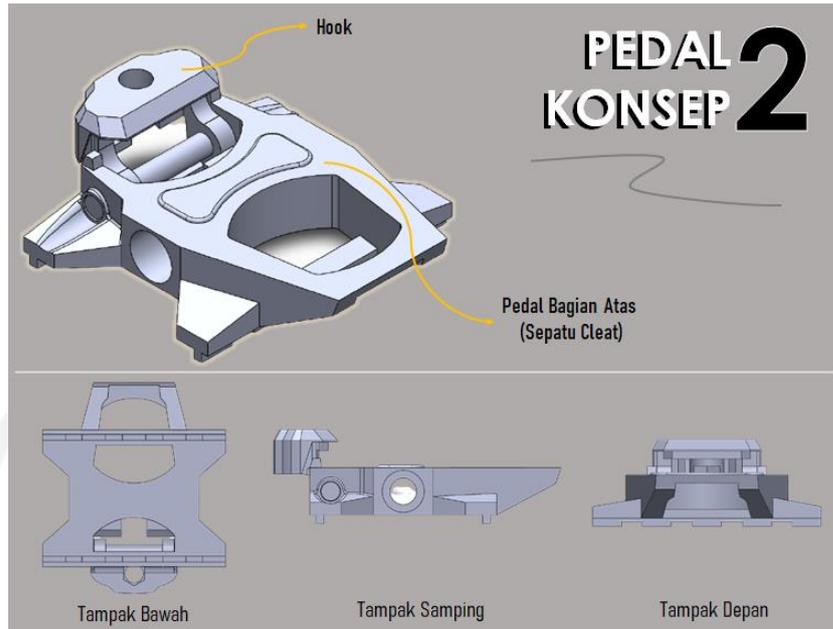
4.1.2 Desain Pada *Software*

Software yang digunakan dalam pembuatan konsep desain pada penelitian ini adalah *SolidWorks* 2019. Adapun konsep desain yang telah dibuat adalah sebagai berikut.



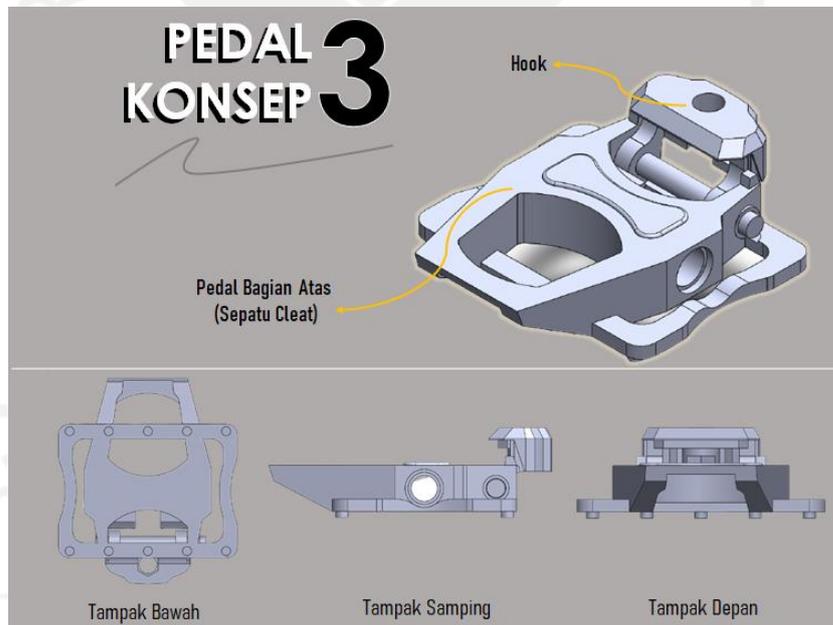
Gambar 4-2 Pedal Konsep 1

Pedal konsep 1 pada Gambar 4-2 ini memiliki dimensi panjang x lebar x tinggi sebesar 91.6 x 78.57 x 27.2 mm.



Gambar 4-3 Pedal Konsep 2

Pedal konsep 2 pada Gambar 4-3 ini memiliki dimensi panjang x lebar x tinggi sebesar 91.6 x 79 x 29.95 mm.



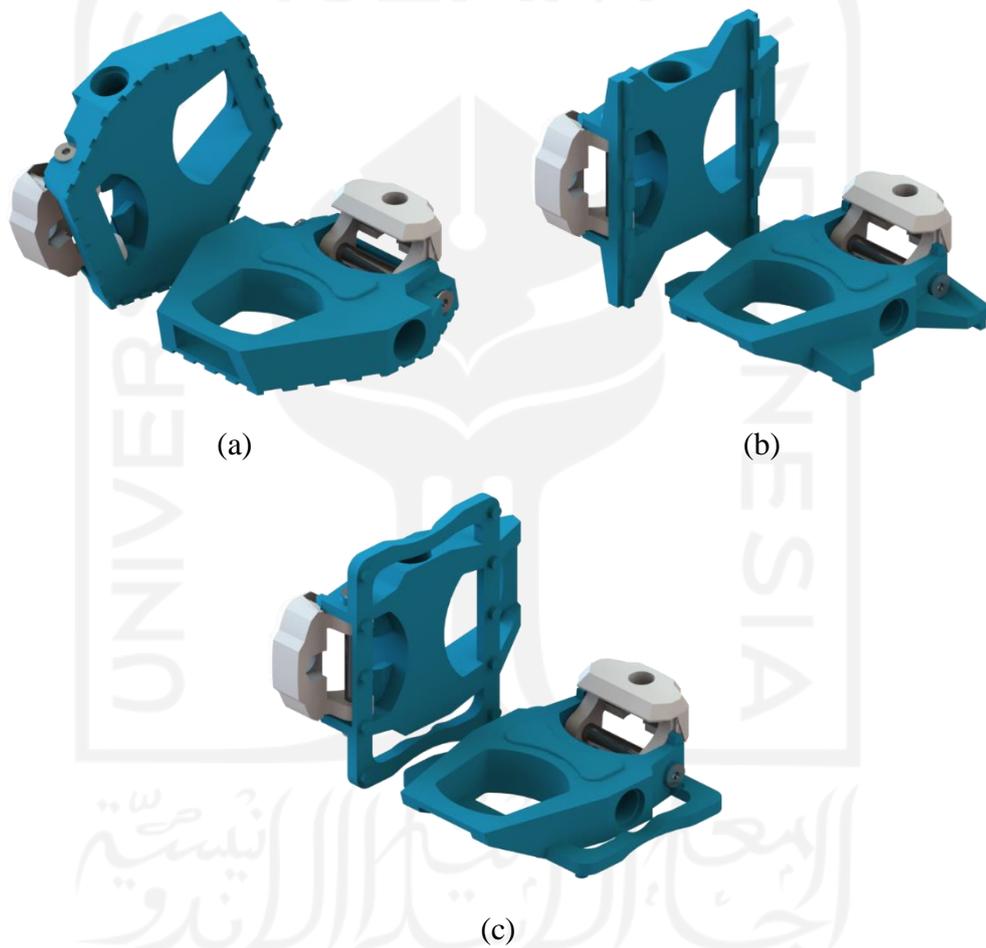
Gambar 4-4 Pedal Konsep 3

Pedal konsep 3 pada Gambar 4-4 ini memiliki dimensi panjang x lebar x tinggi sebesar 91.6 x 79 x 29.95 mm.

4.1.3 *Rendering* Desain

Untuk mendapatkan sebuah citra 2D dan 3D diperlukan suatu proses yang disebut dengan *rendering*. Tujuannya adalah untuk menunjukkan pada *user* tentang data 3D tersebut melalui monitor atau *printer* yang hanya mampu menampilkan data 2D (Supriyadi, 2018).

Pada penelitian ini *software* yang digunakan untuk proses *rendering* menggunakan *SolidWorks* 2019. Hasil dari *rendering* desain konsep pedal yang telah dibuat adalah seperti berikut.



Gambar 4-5 Hasil *Render* Desain a) Konsep Pedal 1; b) Konsep Pedal 2; c) Konsep Pedal 3

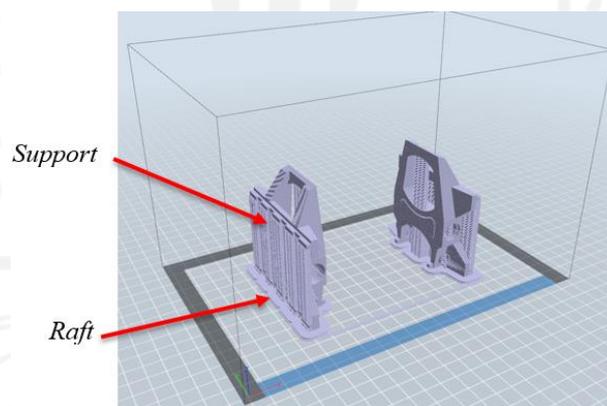
4.2 Analisis dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan yang didapatkan dari penelitian ini adalah seperti yang pada dibawah ini.

4.2.1 Hasil Pembuatan *Prototype*

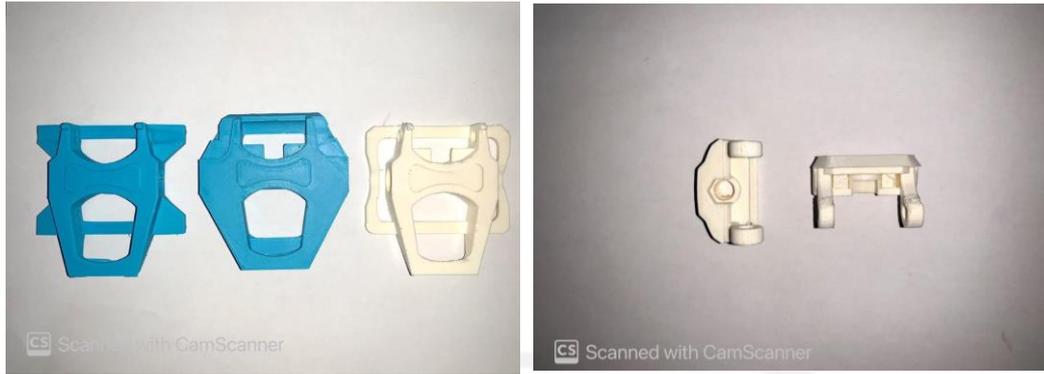
Pada pembuatan *prototype* ini dicetak menggunakan mesin *3D Print Creator Pro* dengan parameter pencetakan suhu dan kecepatan yang telah ditentukan yaitu dengan suhu 255°C dan kecepatan 30 mm/s. dalam pencetakan *prototype* ini diatur juga untuk penggunaan *support* dan *raft*. *Support* berfungsi untuk menyangga bagian desain yang tidak memiliki tumpuan sedangkan *raft* sendiri berfungsi untuk pembatas antara *bed* dengan desain yang akan dicetak. Dengan adanya *raft* juga mampu membantu mempermudah dalam proses pelepasan produk dari bed mesinnya (Budiman, Anggono, & Tanoto, 2016).

Sebelum dilakukan proses pencetakan 3D diperlukan *G-Code* untuk dimasukkan ke mesin pencetaknya. Pembuatan *G-Code* ini menggunakan *software* dari mesin *3D Print Creator Pro* yaitu *FlashPrint* seperti yang ada pada Gambar 4-6 berikut.



Gambar 4-6 Proses Pembuatan *G-Code*

Pada Gambar 4-6 diatas juga dapat dilihat untuk pemberian *support* dan *raft* dari desain yang akan dicetak. Setelah *G-Code* terbuat lalu dilakukan proses pencetakan *prototype* yang hasilnya ada pada Gambar 4-7 berikut.

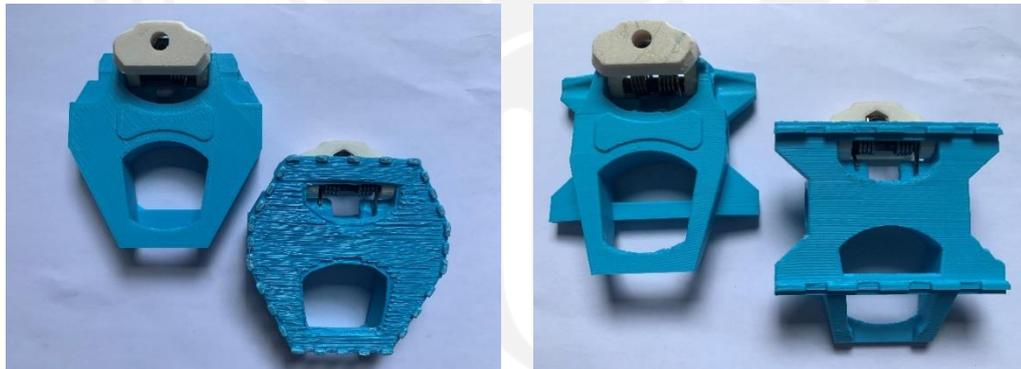


(a)

(b)

Gambar 4-7 Hasil Pencetakan a) *Prototype* Pedal; b) *Prototype Hook* Pedal

Setelah komponen *prototype* selesai dicetak maka dilakukan perakitan atau *assembly*. Komponennya terdiri dari pedal, *hook*, *shaft* dengan diameter 6 mm, dan pegas dengan ukuran lubang diameter 6 mm. *Hook* berfungsi untuk pengunci antara *cleat* pada sepatu dengan pedal, *shaft* berfungsi sebagai poros dari *hook*, dan pegas berfungsi agar *hook* dapat memegang *cleat*. Hasil perakitannya ada pada Gambar 4-8 berikut.



(a)

(b)



(c)

Gambar 4-8 Hasil Perakitan *Prototype* a) Pedal Konsep 1; b) Pedal Konsep 2; c) Pedal Konsep 3

4.2.2 Hasil Pengujian *Prototype*

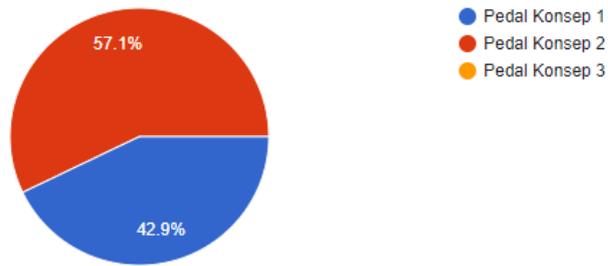
Setelah *prototype* berhasil dibuat maka dilanjutkan dengan pengujian *prototype* dengan cara ketiga *prototype* dicoba digunakan langsung oleh responden yang ditunjukkan pada Gambar 4-9 . Pada pengujian ini responden yang dipilih adalah para pengguna sepeda.



Gambar 4-9 a) Pengujian *Prototype* Kepada Responden; b) Pedal Dua Sisi Ketika Menggunakan Sepatu Biasa ; c) Pedal Dua Sisi Ketika Menggunakan Sepatu *Cleat*

Setelah pengujian penggunaan *prototype* selesai maka responden mengisi *survey* untuk ketiga desain pedal tersebut. Hasilnya adalah seperti pada Gambar 4-10 yaitu untuk kenyamanan pedal 57.1% dari responden memilih pedal konsep 2 sebagai pedal yang nyaman, sisanya 42.9% memilih pedal konsep 1 sebagai pedal yang nyaman, sementara untuk pedal konsep 3 tidak ada responden yang memilih.

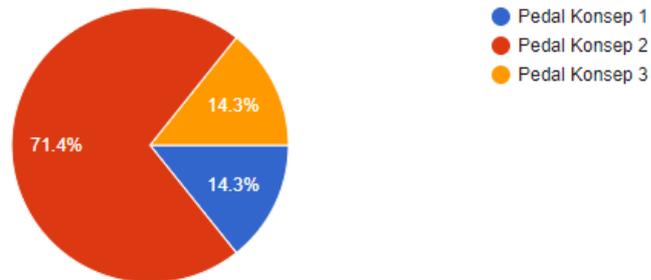
Dari ketiga pedal yang telah anda gunakan, pedal mana yang menurut anda nyaman?



Gambar 4-10 Hasil Kuesioner Kenyamanan Pedal

Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4-11 yaitu untuk fungsi pedal yang sesuai dengan kegunaannya sebanyak 71.4% dari responden memilih pedal 2 sebagai pedal yang sesuai dengan kegunaannya, 14.3% memilih pedal konsep 2, dan sisanya sebesar 14.3% memilih pedal konsep 3.

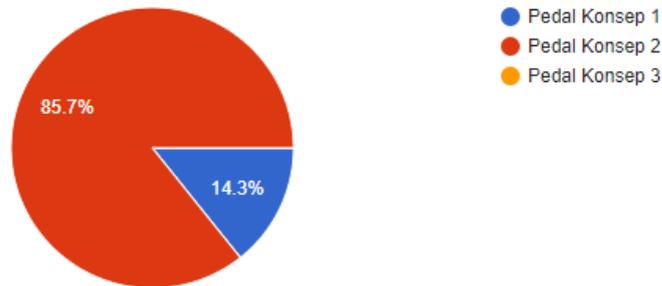
Produk manakah yang fungsinya paling sesuai dengan kegunaannya?



Gambar 4-11 Hasil Kuesioner Fungsi Pedal

Dari hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4-12 yaitu untuk desain yang paling menarik sebanyak 85.7% dari responden memilih pedal konsep 2 memiliki desain yang menarik, dan sisanya 14.3% memilih pedal konsep 1 sebagai desain yang menarik, sementara untuk pedal konsep 3 tidak ada responden yang memilih.

Produk manakah yang desainya paling menarik menurut anda?



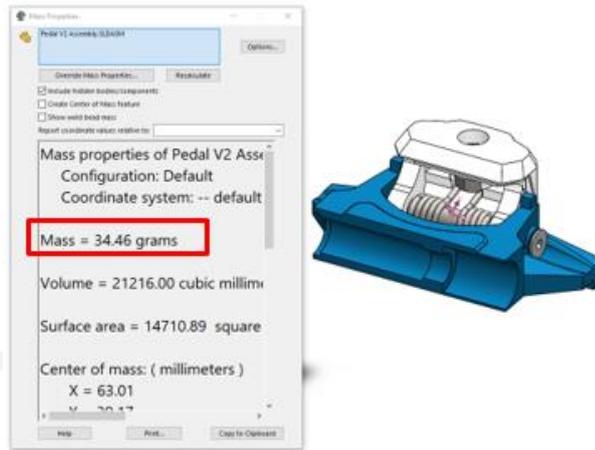
Gambar 4-12 Hasil Kuesioner Desain Pedal Paling Menarik

Dari kuesioner yang telah diisi oleh responden tersebut, *prototype* yang terpilih adalah konsep pedal yang memiliki persentase paling tinggi dan hasilnya adalah desain pedal konsep 2 menjadi desain yang terpilih. Sehingga kriteria desain pedal sepeda lipat dua sisi dapat digunakan pada 2 kondisi (kondisi menggunakan sepatu *cleat* dan kondisi menggunakan sepatu biasa) sudah terpenuhi.

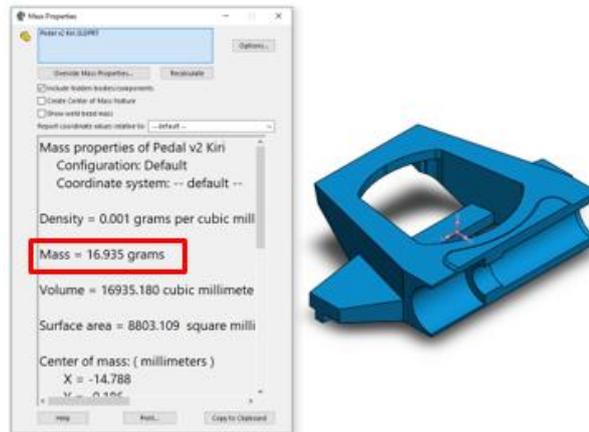
4.2.3 Optimalisasi Desain

Dari pengujian ketiga desain konsep pedal yang telah dicoba oleh responden, maka terpilih satu desain pedal yaitu pedal konsep 2. Pedal *cleat* pada umumnya tidak seimbang antara bagian depan dan belakang. Hal tersebut membuat pedal konsep 2 yang menggabungkan pedal *flat* dengan pedal *cleat* menjadi kurang nyaman, dimana pedal *flat* akan lebih nyaman digunakan ketika posisinya dapat seimbang antara bagian depan dan belakang.

Dari permasalahan tersebut maka perlu untuk diketahui massa antara bagian belakang dan bagian depan pedal. Dalam permasalahan ini digunakan *software SolidWorks 2019* untuk mengetahui massanya. Hasilnya adalah massa pada bagian belakang pedal adalah 34.46 gram dan massa pada bagian depan pedal adalah 16.935 gram yang dapat seperti pada Gambar 4-13 berikut.



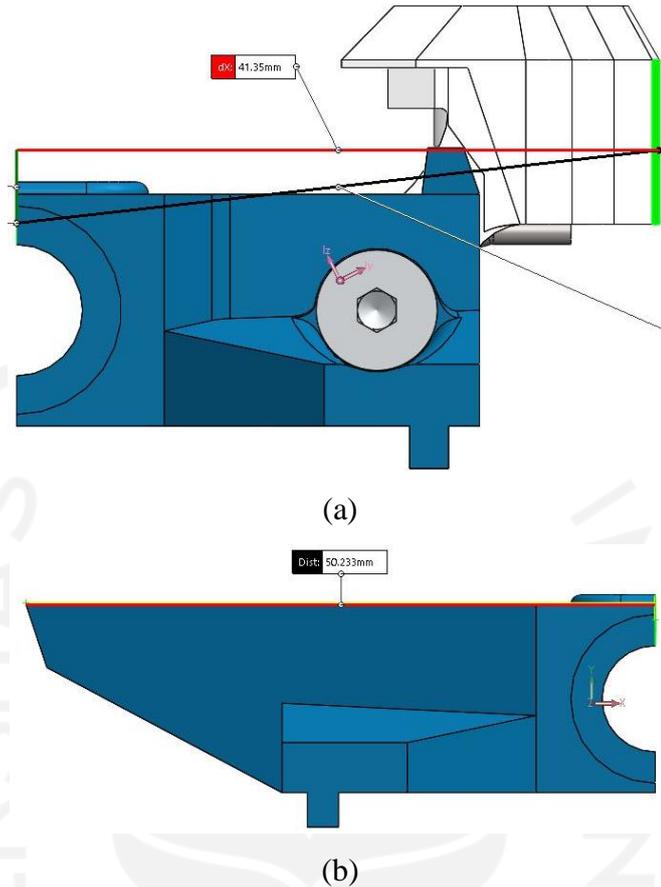
(a)



(b)

Gambar 4-13 Massa Pedal Konsep 2 a) Bagian Belakang Pedal; b) Bagian Depan Pedal

Pada bagian belakang pedal konsep 2 memiliki panjang 41.35 mm dan bagian depan pedal memiliki panjang 50.233 mm seperti pada Gambar 4-14 berikut.



Gambar 4-14 Panjang Bagian Pedal Konsep 2 a) Bagian Belakang Pedal; b) Bagian Depan Pedal

Setelah diketahui massa dan panjang dari kedua bagian tersebut. Untuk membuat agar pedal konsep 2 dapat menjadi seimbang maka perlu disamakan antara momen gaya pada bagian depan dan belakang dari pedal. Dikarenakan yang perlu ditambahkan adalah massa pada bagian depan, maka massa tersebut dicari. Adapun persamaan dari momen gaya adalah seperti berikut:

$$\tau = F \times l \quad (4.1)$$

Dimana:

$$\tau_{\text{Depan}} = \tau_{\text{Belakang}}$$

$$(m \times g)_{\text{Depan}} \times l_{\text{Depan}} = (m \times g)_{\text{Belakang}} \times l_{\text{Belakang}}$$

$$m \times 50.233 = 34.46 \times 41.35$$

$$m = \frac{34.46 \times 41.35}{50.233}$$

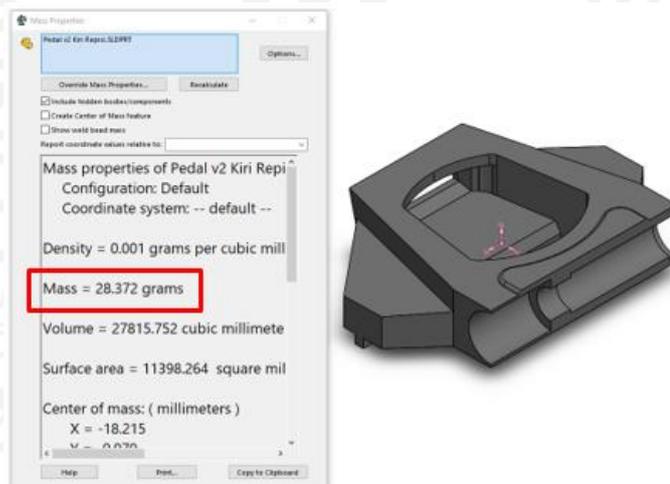
$$m = 28.37 \text{ gram}$$

Jadi pada bagian depan pedal harus memiliki massa sebesar 28.37 gram agar pedal tersebut dapat seimbang. Maka dari itu dilakukan optimalisasi pada pedal konsep 2 agar dapat sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan. Hasil optimalisasi desainnya adalah seperti pada Gambar 4-15 berikut.



Gambar 4-15 Hasil Optimalisasi Desain

Untuk massa bagian depan optimalisasi desain pedal konsep 2 ini sudah sesuai dengan hitungan yaitu dengan massa 28.37 gram seperti pada Gambar 4-16.



Gambar 4-16 Massa Bagian Depan Pedal Optimal Desain

Setelah dilakukan optimalisasi desain, tahap selanjutnya dilakukan lagi pengujian kepada responden untuk membandingkan pedal konsep 2 yang telah terpilih dengan pedal yang telah dioptimalkan desainnya yang ditunjukkan pada Gambar 4-17. Responden yang telah melakukan pengujian terhadap kedua pedal

tersebut akan mengisi kuesioner yang telah disediakan untuk mengetahui hasil dari pengujian tersebut. Adapun pertanyaannya adalah (1) Dari kedua pedal tersebut, menurut anda pedal manakah yang paling nyaman digunakan (2) Dari kedua pedal tersebut, menurut anda pedal manakah yang memiliki desain paling menarik. Dari kuesioner tersebut produk yang paling banyak dipilih responden yang akan terpilih.



(a)

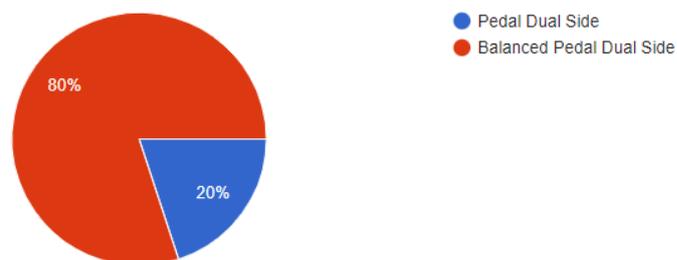


(b)

Gambar 4-17 a) Pengujian Desain Pedal Yang Telah Dioptimalkan; b) Pengisian Kuesioner Optimalisasi Desain Oleh Responden

Berdasarkan kuesioner yang telah dilakukan mengenai kenyamanan dari kedua pedal tersebut sebanyak 80 % dari responden memilih pedal yang telah dioptimalkan desainnya atau pada kuesioner disebut dengan *balanced pedal dual side*, sisanya sebanyak 20% memilih pedal konsep 2 atau pada kuesioner disebut *pedal dual side* sebagai pedal yang nyaman. Untuk hasil kuesionernya dapat dilihat pada Gambar 4-18 berikut.

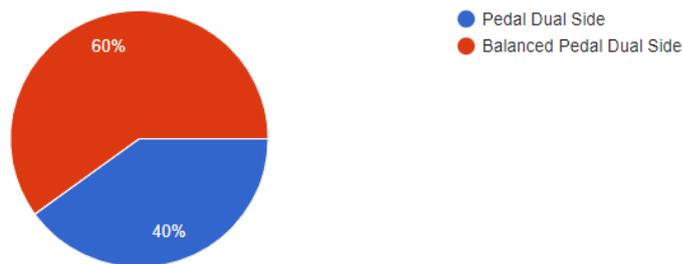
Setelah mencoba kedua pedal tersebut, menurut anda pedal mana kah yang paling nyaman digunakan?



Gambar 4-18 Hasil Kuesioner Pemilihan Pedal Yang Nyaman Setelah Dilakukan Optimalisasi

Sedangkan untuk kuesioner tentang desain yang paling menarik dari kedua pedal tersebut sebanyak 60% dari responden memilih pedal yang telah dioptimalkan desainnya, sisanya sebanyak 40% memilih pedal konsep 2 sebagai pedal yang memiliki desain menarik. Untuk hasil kuesionernya dapat dilihat pada Gambar 4-19 berikut.

Dari kedua pedal tersebut, menurut anda pedal mana kah yang memiliki desain paling menarik?



Gambar 4-19 Hasil Kuesioner Pemilihan Desain Pedal Yang Menarik Setelah Dilakukan Optimalisasi

Bedasarkan hasil kuesioner mengenai kenyamanan dan desain pedal yang telah dilakukan, Pedal yang telah dioptimalkan desainnya memiliki persentase pemilihan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pedal konsep 2. Jadi pada kuesioner ini pedal yang terpilih adalah pedal yang telah dioptimalkan desainnya. Sehingga kriteria desain pedal sepeda lipat dua sisi yang menarik dan nyaman sudah terpenuhi.

4.2.4 Analisis Tegangan

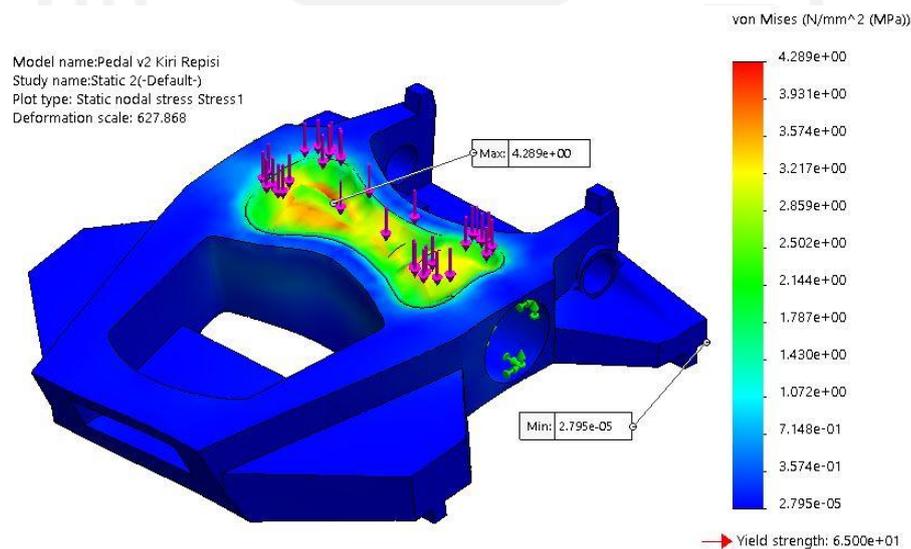
Dari *prototype* pedal dua sisi sepeda lipat yang terpilih maka dilakukan analisis kekuatan material menggunakan analisis tegangan dengan bantuan *software SolidWorks 2019*. Analisis tegangan ini berfungsi untuk mengetahui kekuatan dari material yang akan digunakan. Pada penelitian ini untuk analisis pada pedal sepeda lipat dilakukan menggunakan analisis statik *finite element* CAE pada *Solidworks*. Material yang digunakan pada pedal umumnya adalah ABS yang proses pembuatannya dilakukan dengan *injection molding*. Sedangkan pada penelitian ini menggunakan ABS dengan proses pembuatannya yaitu *3D printing* yang memiliki *properties* pada Tabel 4-1 berikut dimana untuk tegangan tarik

maksimalnya sesuai dengan pengujian tarik yang telah dilakukan pada penelitian ini.

Tabel 4-1 *Properties* Material ABS

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.394	N/A
Shear Modulus	318.9	N/mm ²
Mass Density	1020	kg/m ³
Tensile Strength	33.52	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	65	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient		/K
Thermal Conductivity	0.2256	W/(m·K)

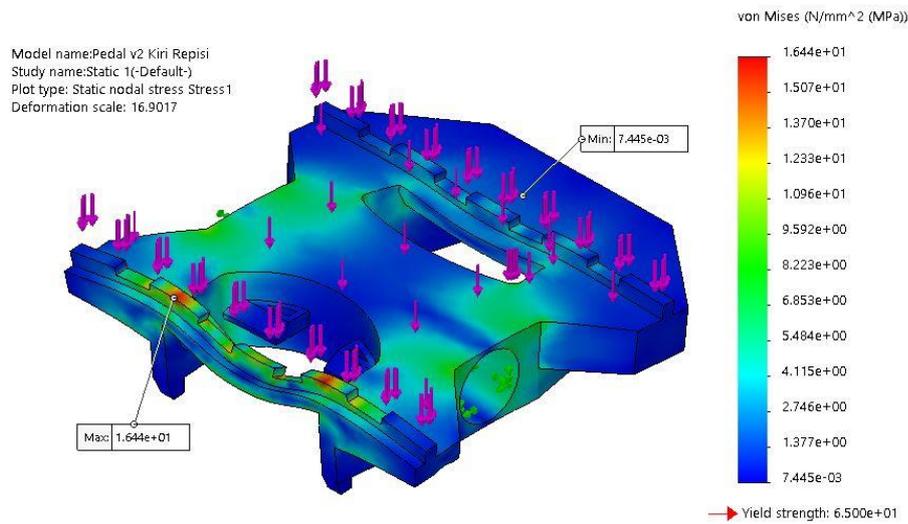
Untuk mendapatkan tegangan *Von Mises* maksimum yang terjadi pada pedal sepeda lipat, maka asumsi posisi pembebanan sebagai berikut: tumpuan berada pada bagian duduknya poros pedal kemudian diberikan beban sebesar 1600 N pada bagian yang terinjak oleh kaki ketika pedal digunakan. Dan hasil analisis tegangan *Von Mises* yang didapatkan adalah seperti pada Gambar 4-20 berikut.



Gambar 4-20 Hasil Tegangan Maksimal *Von Mises* Pada Pedal Bagian Atas (Sepatu *Cleat*)

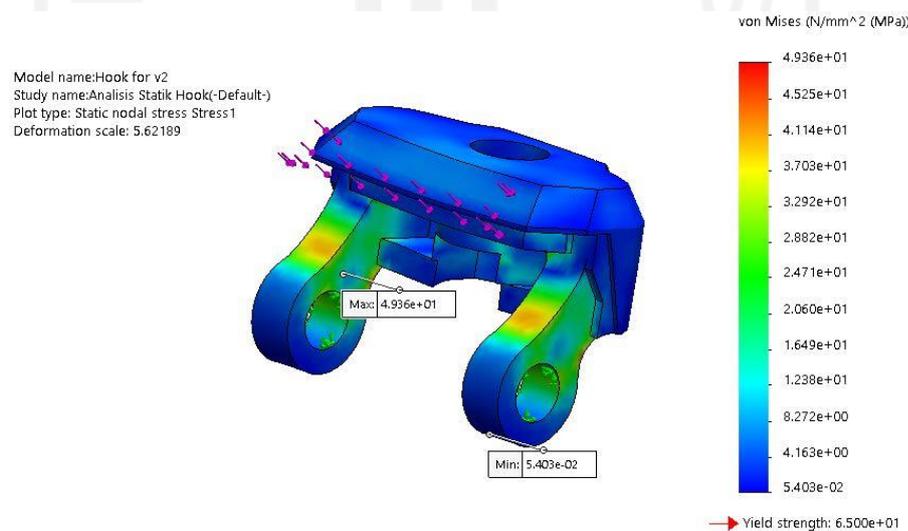
Dari Gambar 4-20 didapatkan hasil analisis tegangan maksimal *Von Mises* yang terjadi pada pedal sepeda lipat bagian atas (sepatu *cleat*) adalah 4.289 MPa dimana tegangan maksimal yang terjadi masih dibawah batas kekuatan material

ABS sehingga bisa diterima dengan *yield strength* atau tegangan luluh pada data *properties* ABS sebesar 65 MPa.

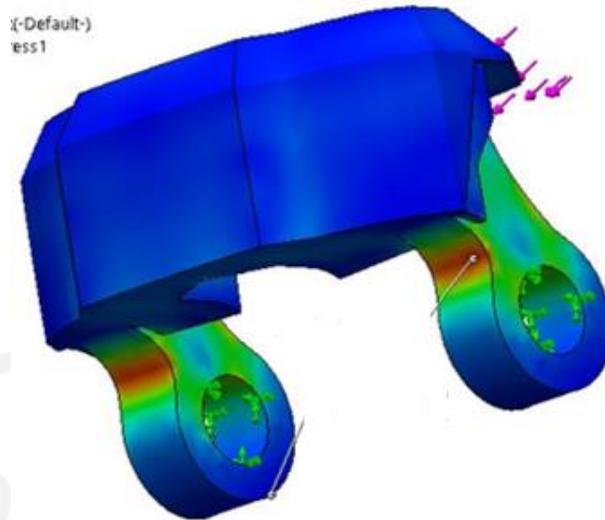


Gambar 4-21 Hasil Tegangan Maksimal *Von Mises* Pada Pedal Bagian Bawah (Sepatu Biasa)

Hasil analisis tegangan maksimal *Von Mises* yang terjadi pada pedal sepeda lipat bagian bawah (sepatu biasa) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-21 adalah 16.4 MPa dimana tegangan maksimal yang terjadi masih dibawah batas kekuatan material ABS sehingga bisa diterima dengan *yield strength* atau tegangan luluh pada data *properties* ABS sebesar 65 MPa.

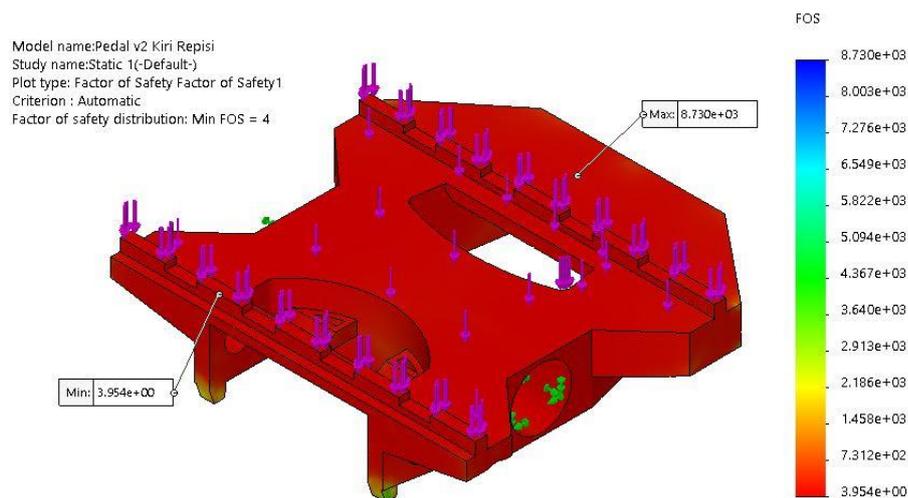


Gambar 4-22 Hasil Tegangan Maksimal *Von Mises* Pada *Hook*



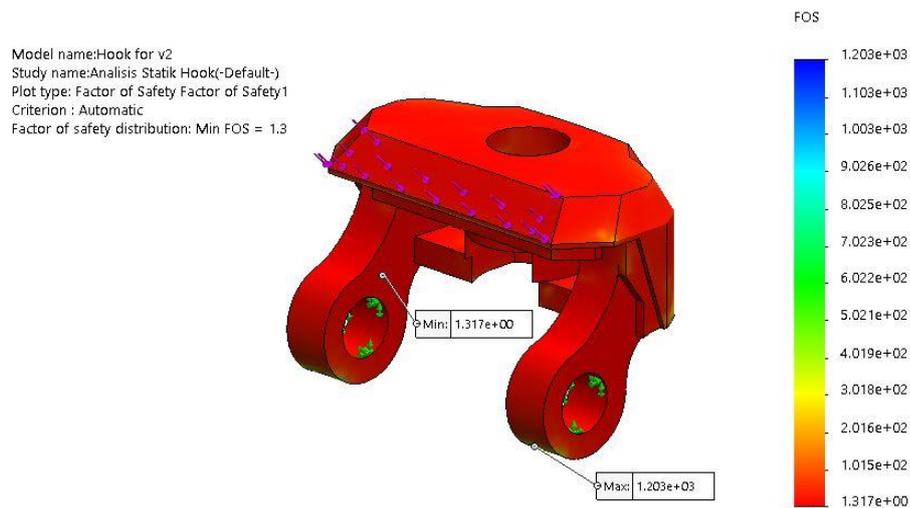
Gambar 4-23 Bagian *Hook* Yang Terkena Tegangan Maksimal dan Minimal

Hasil analisis tegangan maksimal *Von Mises* yang terjadi pada *hook* pedal sepeda lipat adalah 49.3 MPa seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-22 dimana tegangan maksimal yang terjadi masih dibawah batas kekuatan material ABS sehingga bisa diterima dengan *yield strength* atau tegangan luluh pada data *properties* ABS sebesar 65 MPa.



Gambar 4-24 Hasil *Factor of Safety* Pada Pedal Bagian Bawah

Dari analisis tegangan yang telah dilakukan didapatkan juga hasil *safety factor* dari desain pedal sepeda lipat. Pada pedal sepeda lipat ini mendapatkan nilai *safety factor* paling minim yaitu sebesar 4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-24 yang mengartikan bahwa pedal sepeda lipat tersebut dengan material ABS masih aman untuk digunakan.



Gambar 4-25 Hasil *Factor of Safety* Pada Hook Pedal

Pada *hook* pedal sepeda lipat ini mendapatkan nilai *safety factor* paling minim yaitu sebesar 1.3 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4-25 yang mengartikan bahwa *hook* pedal sepeda lipat tersebut dengan material ABS masih aman untuk digunakan.

Dari hasil analisis tegangan diatas ditunjukkan bahwa material ABS dengan proses pembuatan *3D printing* bisa menjadi salah satu metode pembuatan produk selain dengan metode yang biasa digunakan yaitu *injection molding*. Hal tersebut terbukti bahwa hasil analisis dari *software SolidWorks 2019* menunjukkan bahwa desain tersebut mampu menahan beban yang telah ditentukan.

BAB 5

PENUTUP

1.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan yaitu:

1. Rancangan pedal yang telah dibuat dapat digunakan untuk 2 jenis pedal: bagian atas pedal untuk sepatu *cleat* dan bagian bawah pedal untuk sepatu biasa.
2. Dari simulasi tegangan yang telah dilakukan pada *software SolidWorks* 2019, didapatkan hasil bahwa desain pedal ini kuat dan mampu menahan gaya yang terjadi untuk digunakan.
3. Desain terbaik yang terpilih adalah pedal hasil optimalisasi dari konsep 2, dan optimalisasinya adalah pedal tersebut dapat seimbang dan membuat penggunaannya lebih nyaman.

1.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Setelah seluruh proses penelitian ini dilakukan, penulis memberikan beberapa saran yaitu:

1. Menambahkan mekanisme lipat pada pedal agar dapat lebih ringkas.
2. Membuat desain *cleat* yang khusus.
3. Melakukan penelitian dengan variasi parameter yang berbeda-beda meskipun menggunakan mesin dan bahan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Aimar, A., Palermo, A., & Innocenti, B. (2019). The Role of 3D Printing in Medical Applications: A State of the Art. *Journal of Healthcare Engineering*, 11.
- Andrew, T. d. (2019). State-of-the-Art Review on 3D Printing Technology Applications in Construction. 97.
- Budiman, H. (2016). ANALISIS PENGUJIAN TARIK (TENSILE TEST) PADA BAJA ST37. *Jurnal J-Ensitem: Vol 03*, 5.
- Budiman, W., Anggono, J., & Tanoto, Y. (2016). PENGARUH ORIENTAS OBYEK HASIL FUSED DEPOSITION MODELING PADA WAKTU PROSES. *Jurnal Teknik Mesin, Vol. 16, No. 2*, 41-46.
- Budiono, H. S. (2015). PENGUJIAN KUAT TARIK TERHADAP PRODUK HASIL 3D. 18.
- Carneiro, O., Silva, A., & Gomes, R. (2015). Fused Deposition Modeling with Polypropylene. *Materials and Design Journal*, 768-776.
- France, A. K. (2014). *Make: 3D Printing*. Sebastopol: Maker Media.
- Gibson, I. (2013). Rapid Prototyping: a Tool for Product Development. 10.
- Handayani, N. B. (2021). EMOTIONAL BRANDING PEMBELIAN SEPEDA LIPAT. 13.
- Joy H Panjaitan, M. T. (2021). Pengaruh Kecepatan, Temperatur dan Infill Terhadap Kualitas dan. *SJoME Vol. 2 No. 2*, 13.
- Karmin, M. G. (2013). ANALISA KEKASARAN PERMUKAAN HASIL PROSES PENGAMPELASAN TERHADAP LOGAM DENGAN PERBEDAAN KEKERASAN. *JURNAL AUSTENIT*, 7.
- Karnowati, N. B., & Handayani, E. (2021). EMOTIONAL BRANDING PEMBELIAN SEPEDA LIPAT. 13.
- Kholilah, S., Tristiyono, d. B., & Susandari, H. (2019). Desain Sepeda yang Mendukung Aktivitas dan Gaya. *JURNAL SAINS DAN SENI ITS Vol. 8, No. 2 (2019)*, 7.
- Kolbasin, A., & O. H. (2018). Computer-aided design and Computer-aided engineering. *MATEC Web of Conferences*, 1-6.

- Kurniati, E. A., Prisman, M. R., A.F.C, F. W., & Fadhilah, F. N. (2015). SIMULASI UJI BAHAN NATURAL RUBBER PADA. 10.
- Naafila, A., Purnowidodo, A., & Setyarini, P. H. (2019). Pengaruh Waktu Solution Treatment Terhadap Kekuatan Tarik. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019*.
- Ningsih, W. (2017). Perkembangan Sepeda di Surabaya Pada Tahun 1893-1942.
- Pamasaria, H. A., Herianto, & Saputra, T. H. (2019). PENGARUH PARAMETER PROSES 3D PRINTING TIPE FDM (FUSED DEPOSITION. *Seminar Nasional IENACO – 2019*, 7.
- Paton, C. D. (2009). Effects of Shoe Cleat Position on Physiology and. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8.
- Santoso, A. B., Badaruddin, M., & Savetlana, S. (2018). Pengaruh Rasio Regangan Terhadap Perilaku Low Cycle Fatigue (LCF). *Jurnal Mechanical*.
- Sari, K. S. (2018). Pemanfaatan Teknologi 3D Printing Dalam Proses. *Seminar Nasional Sistem Informasi dan Teknologi Informasi 2018*, 6.
- Setyani, W. W. (2019). PENGARUH ARAH CETAKAN 3D PRINTING TIPE FDM BAHAN. 10.
- Shon, G. H. (2019). A Study on the Adjustment Method of Bicycle Shoe Cleat. *Journal of The Korea Society of Computer and Information*, 10.
- Spackman, C. C., Frank, C. R., & Kyle C. Picha, J. (2016). 3D Printing of Fiber-reinforced Soft Composites: Process Study and Material Characterization. *Journal of Manufacturing Processes* 23, 296 – 305.
- Sudhakar, M. S. (2019). Mechanical property of FDM printed ABS: influence. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technolog*, 18.
- Supriyadi. (2018). Media Pembelajaran Proses Rendering Objek 3D. *Jurnal Teknik Komputer Amik BSI*, 7.
- Sutopo, A. R. (2017). Perkembangan Teknologi Rapid Prototyping: Study Literatur. *Jurnal Metris*, 9.
- Syam, W. P. (2017). *Metrologi Manufaktur*. Nottingham, UK.
- Wibisono, M. I. (2016). Pengembangan Computer Aided Design (CAD) Warna Batik. *Forum Teknik Vol. 37, No. 1*, 8.

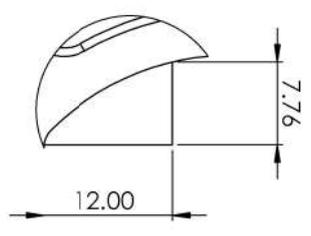
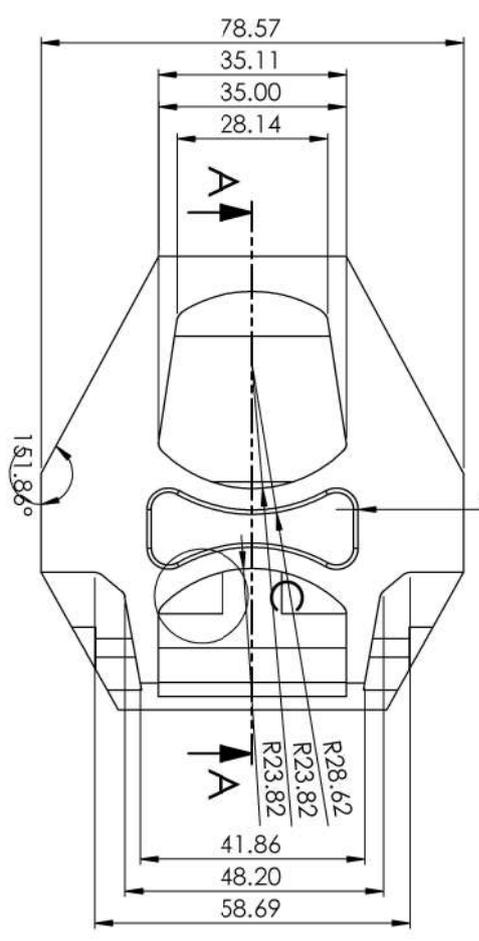
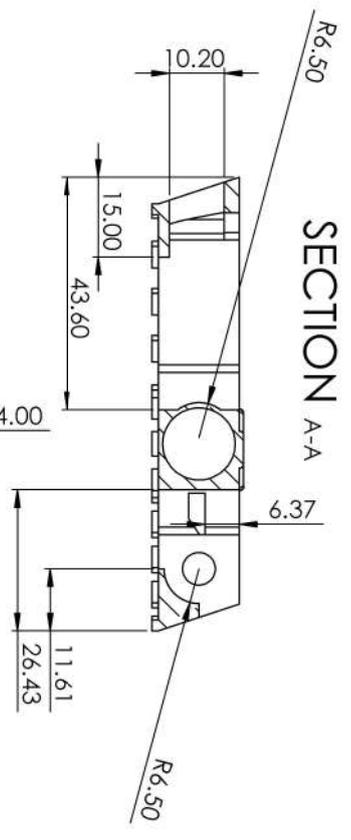
Wicaksono, T. T., Budiyanoro, C., & Sosiati, H. (2019). KARAKTERISASI SIFAT MEKANIS DAN SIFAT. *MPM: Jurnal Material dan Proses Manufaktur*, 11.

Yudha, A. K. (2017). *DESIGN IMPROVISATION AND FINITE ELEMENT ANALYSIS OF LIFT FOR PEOPLE WITH DISABILITY USING HYDRAULIC POWERED MOVEMENT SYSTEMS*. Daerah Istimewa Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

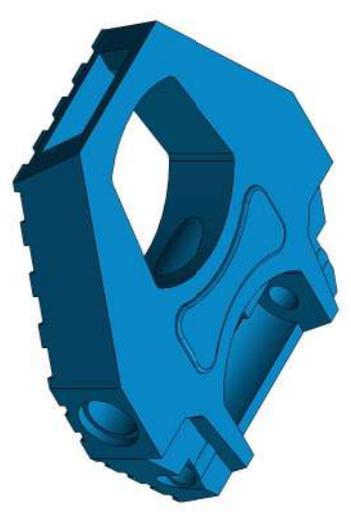
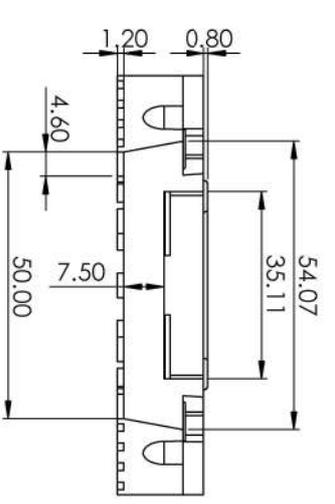
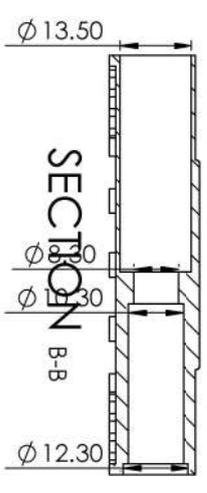
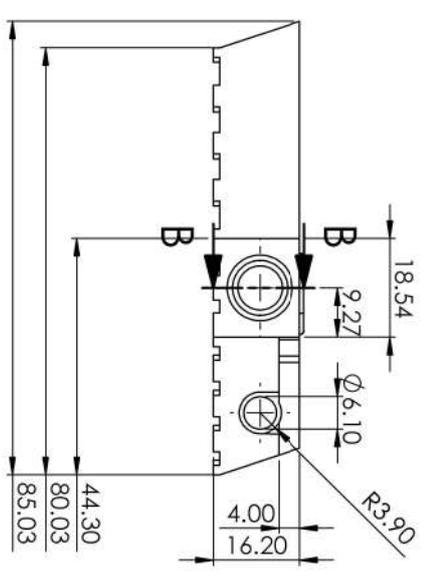


LAMPIRAN



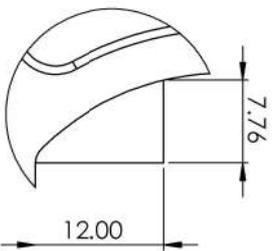
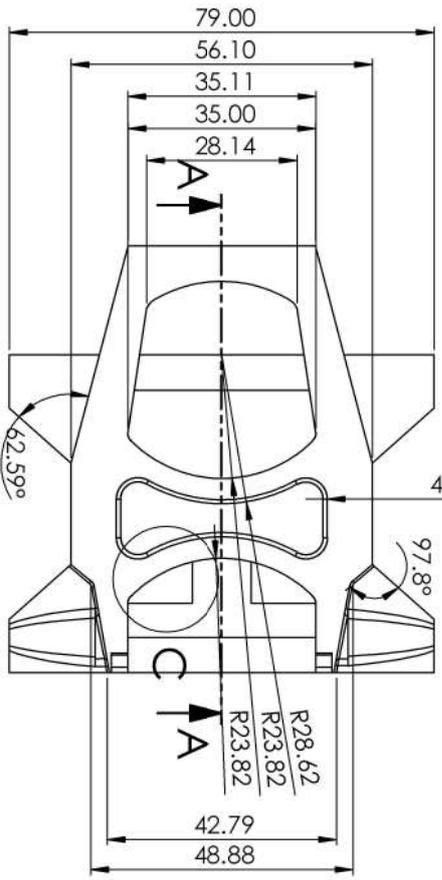
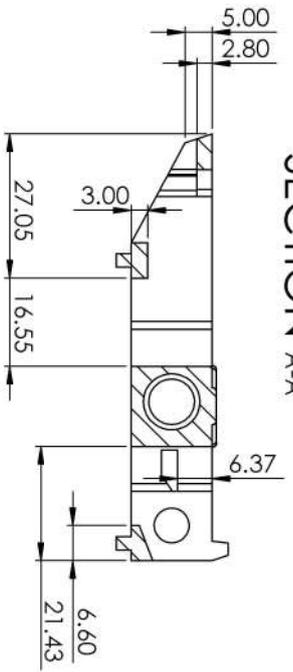


DETAIL C
SCALE 2 : 1

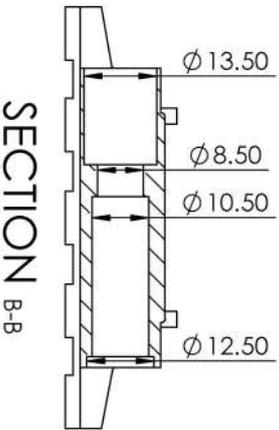
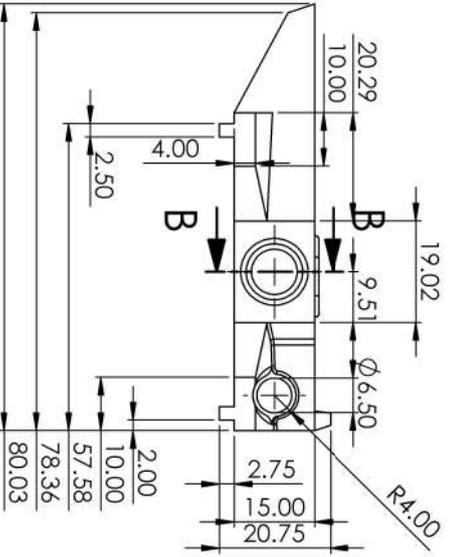


	Skala	: 1 : 1	Digambar	: Ardyanlito Wicaksono	Keterangan
	Satuan Ukuran	: mm	NIM	: 17525089	
	Tanggal	: 31/08/21	Diperiksa	: Faisal Arif Nurgesang	
Universitas Islam Indonesia			Pedal Konsep 1		No. : 1
					A4

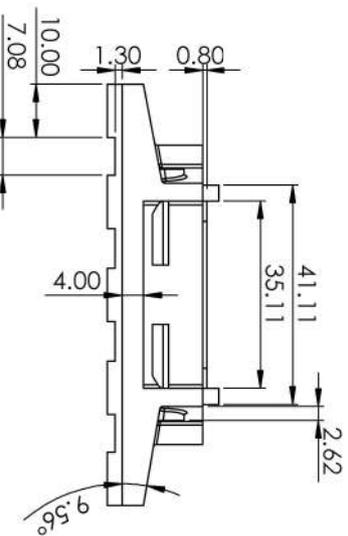
SECTION A-A



DETAIL C
SCALE 2 : 1



SECTION B-B



Universitas Islam Indonesia

Pedal Konsep 2

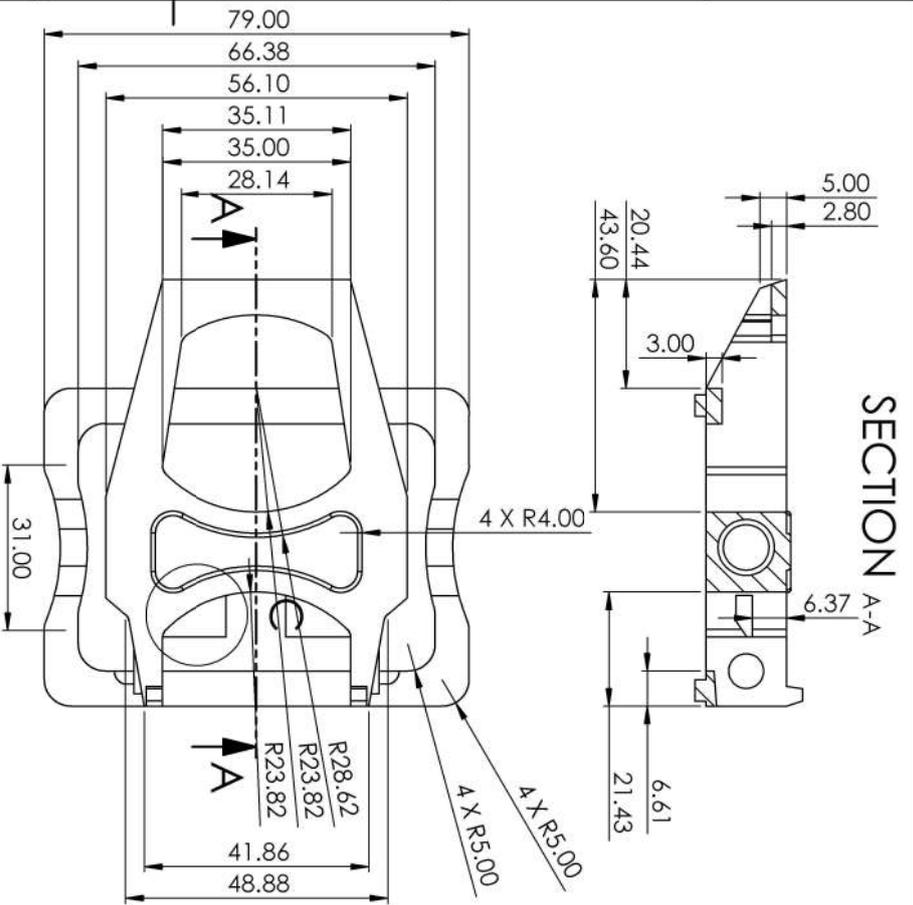
No. : 2

A4

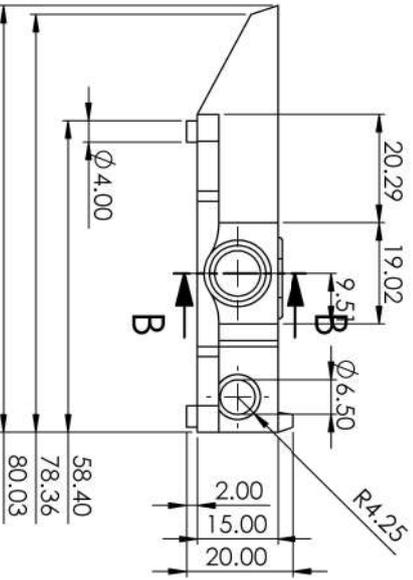
Skala : 1:1
Satuan Ukuran : mm
Tanggal : 31/08/21

Digambar : Ardyanlo Wicaksono
NIM : 17525089
Diperiksa : Faizal Arif Nurgesang

Keterangan

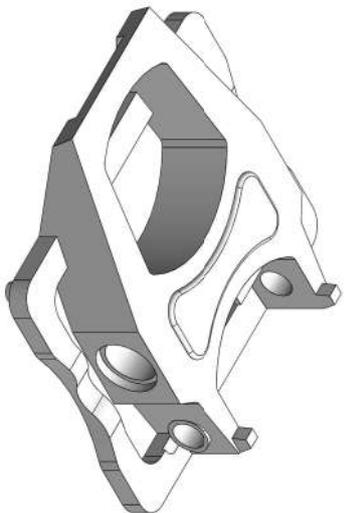
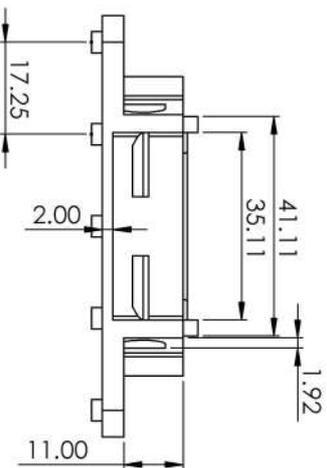
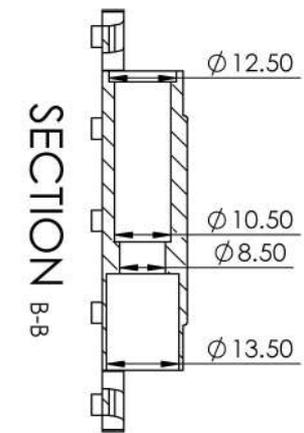
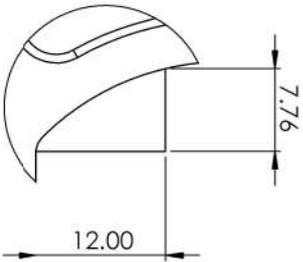


SECTION A-A



SECTION B-B

DETAIL C
SCALE 2 : 1



Universitas Islam Indonesia

Pedal Konsep 3

No. : 3

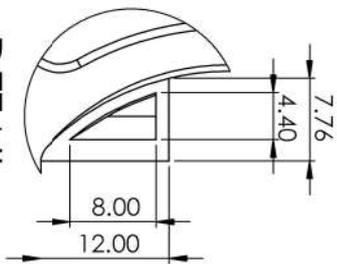
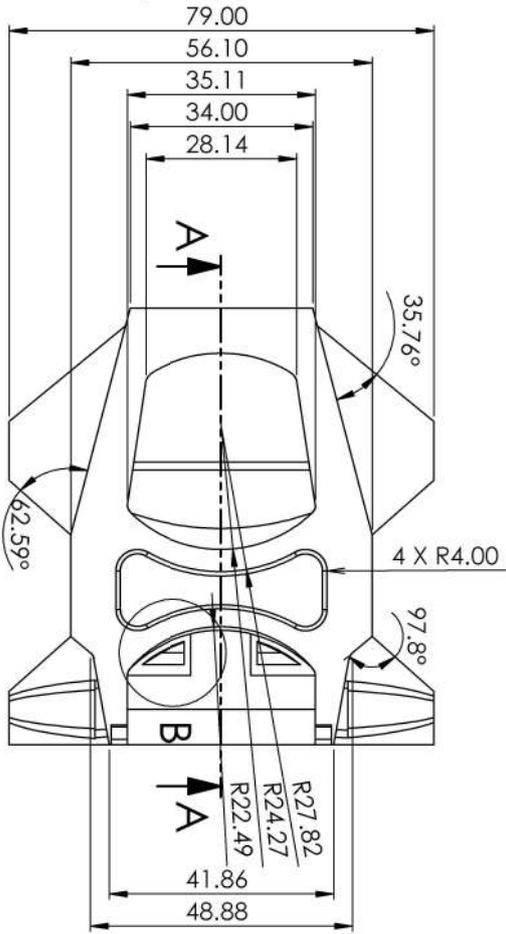
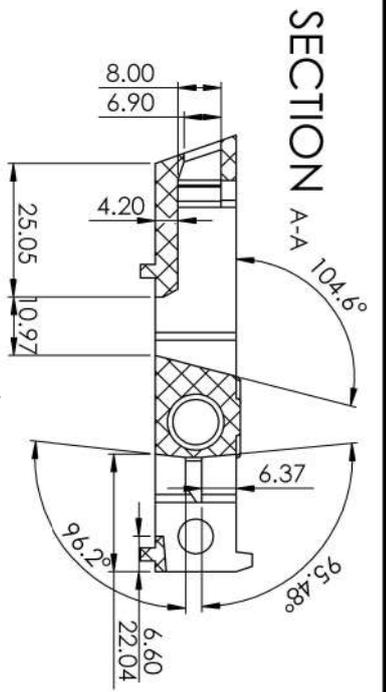
A4

Skala : 1:1
Satuan Ukuran : mm
Tanggal : 31/08/21

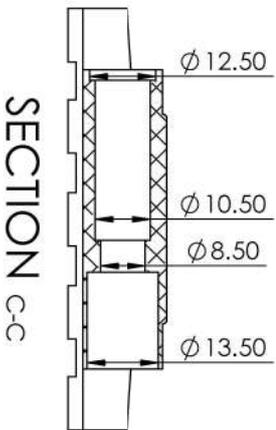
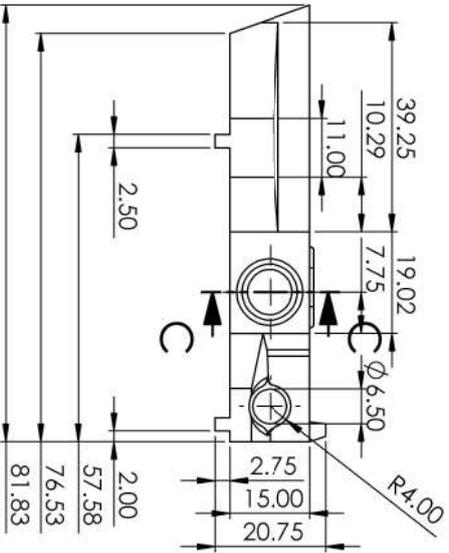
Digambar : Ardyanlito Wicaksono
NIM : 17525089

Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang

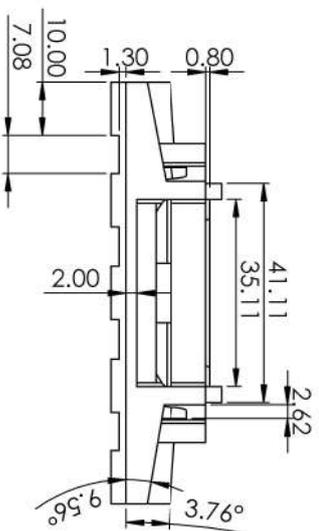
Keterangan



DETAIL B
SCALE 2 : 1



SECTION C-C



Universitas Islam Indonesia

Skala : 1:1
Satuan Ukuran : mm
Tanggal : 31/08/21

Digambar : Ardyanto Wicaksono
NIM : 17525089
Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang

Optimalisasi Pedal Konsep 2

No. : 4

A4

A

B

C

D

E

F

8

7

6

5

4

3

2

1

8

7

6

5

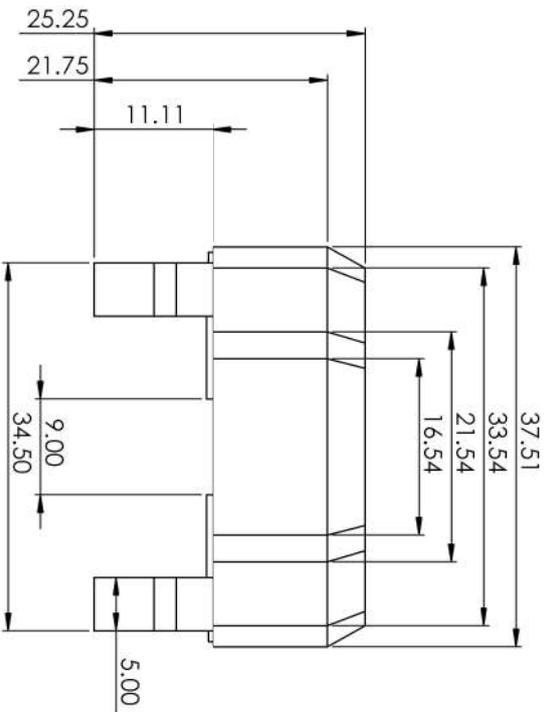
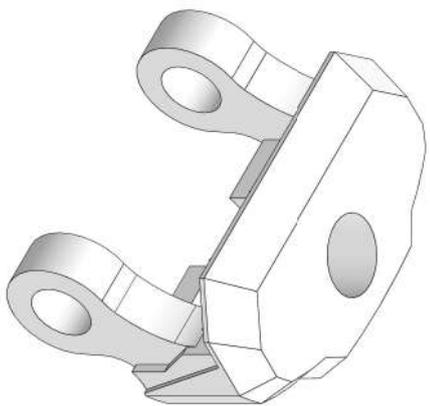
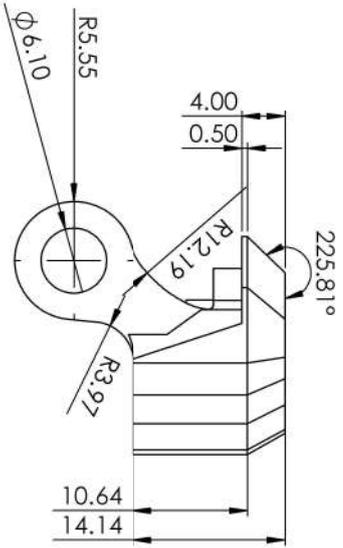
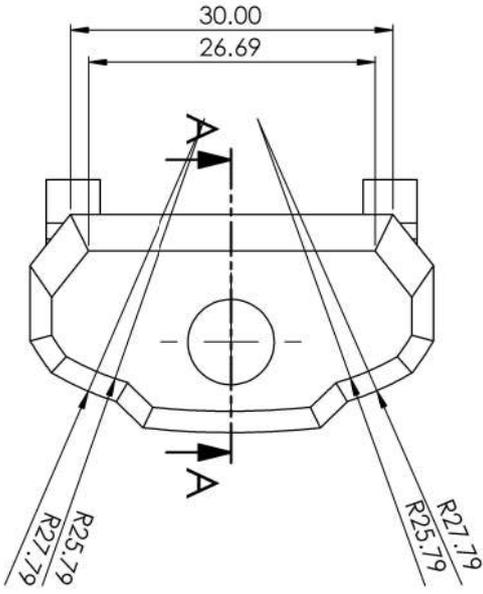
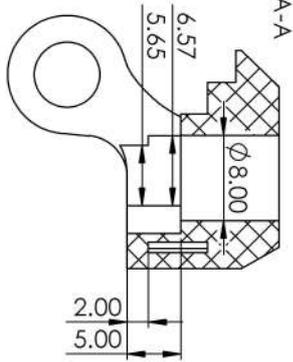
4

3

2

1

SECTION A-A

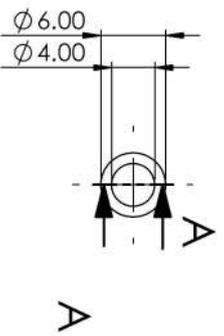
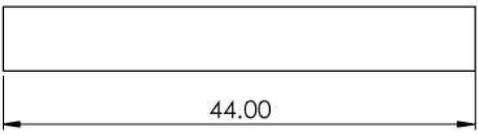


Skala : 2:1
 Satuan Ukuran : mm
 Tanggal : 31/08/21
 Universitas Islam Indonesia

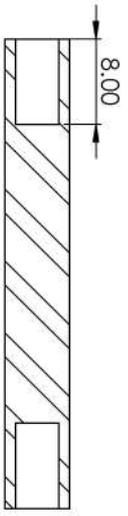
Digambar : Ardyanlo Wicaksono
 NIM : 17525089
 Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang

Hook Konsep 2
 No. : 5

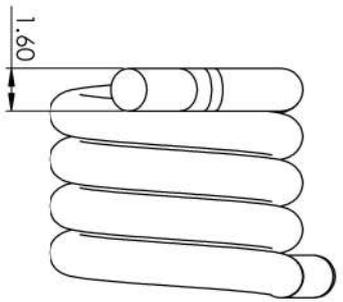
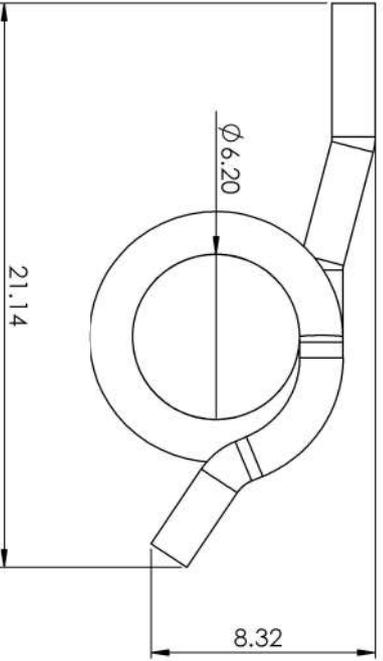
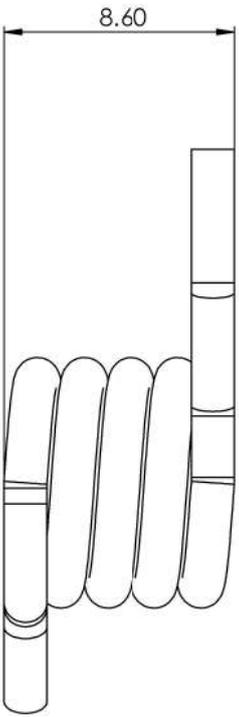
A4



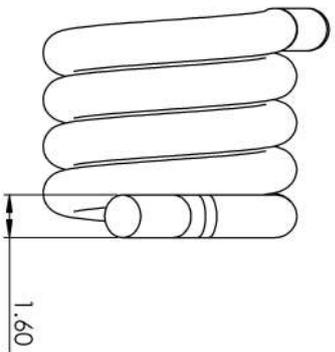
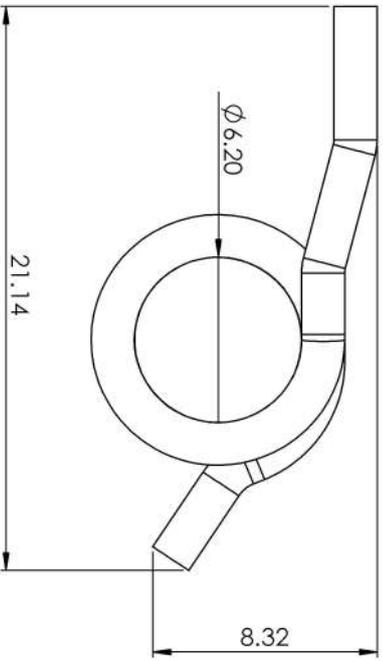
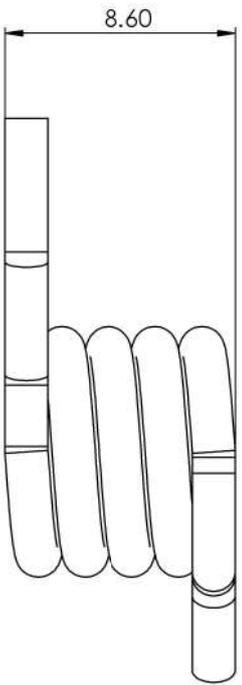
SECTION A-A



Universitas Islam Indonesia	Skala : 2:1	Digambar : Ardyanllo Wicaksono	Keterangan
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525089	
	Tanggal : 31/08/21	Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang	
		Hook Shaft V2	No. : 6
			A4

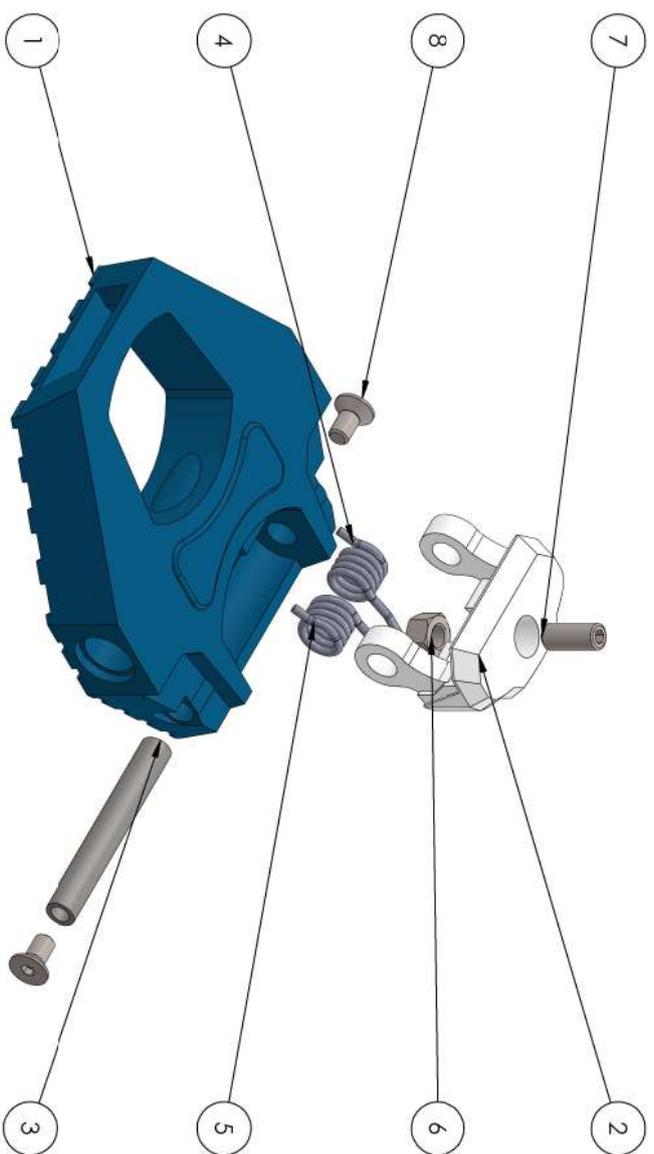


Skala	: 5:1	Digambar	: Ardyanllo Wicaksono	Keterangan
Satuan Ukuran	: mm	NIM	: 17525089	
Tanggal	: 31/08/21	Diperiksa	: Faisal Arif Nurgesang	
Universitas Islam Indonesia			Spring Kanan	No. : 7

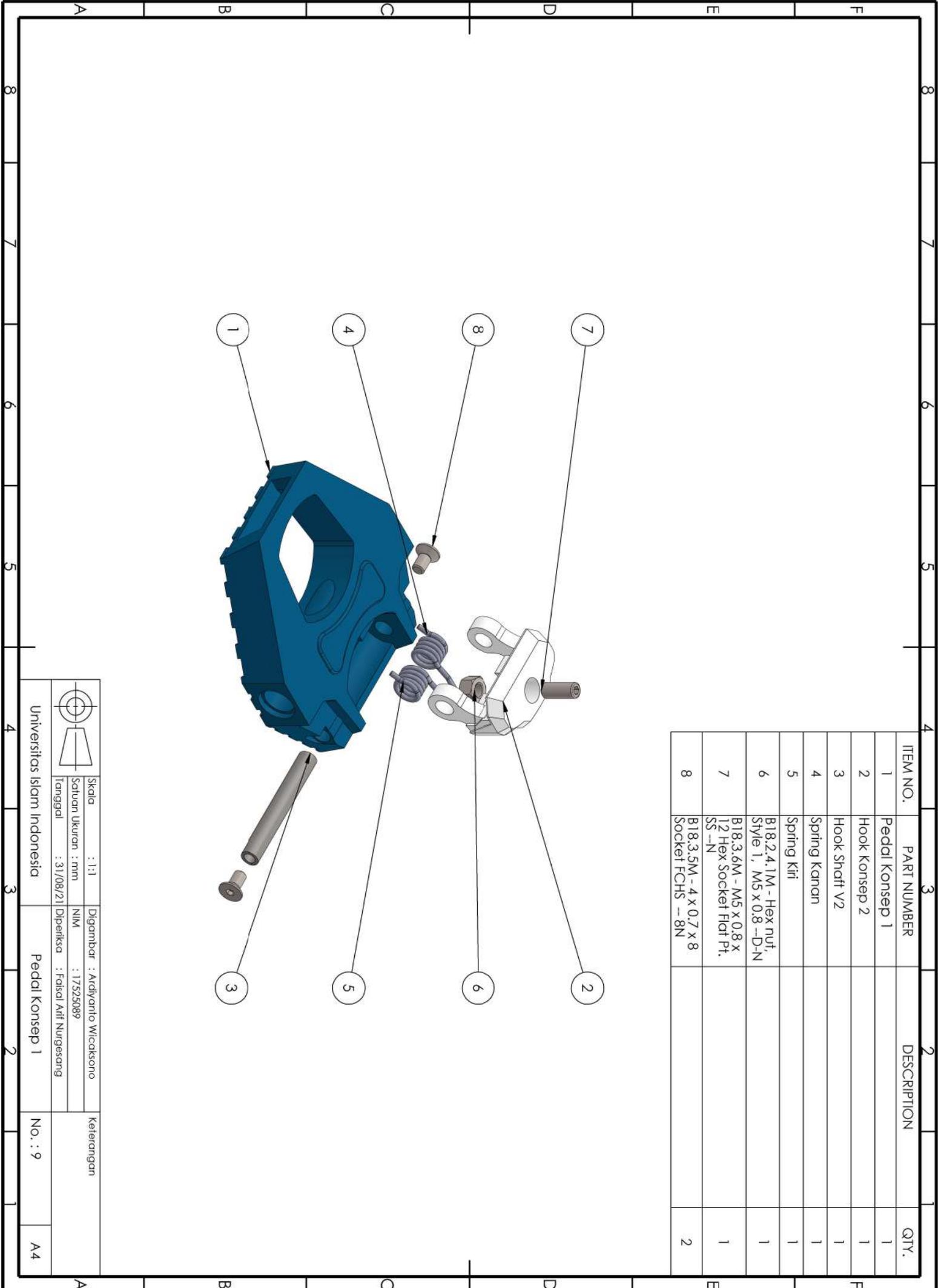


Universitas Islam Indonesia	Skala : 5:1	Digambar : Ardiyanto Wicaksono	Keterangan
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525089	
	Tanggal : 31/08/21	Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang	
		Spring Kiri	No. : 8

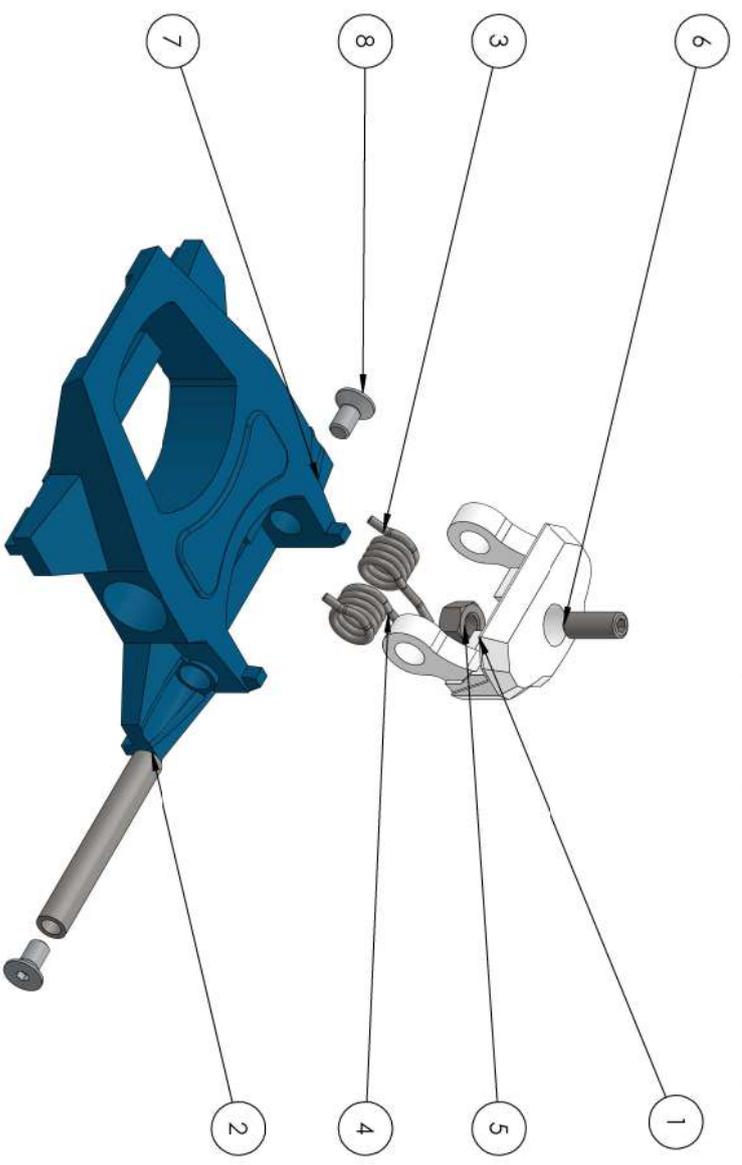
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Pedal Konsep 1		1
2	Hook Konsep 2		1
3	Hook Shaft V2		1
4	Spring Kanan		1
5	Spring Kiri		1
6	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M5 x 0,8 --D-N		1
7	B18.3.6M - M5 x 0,8 x 12 Hex Socket Flat Pt. SS -N		1
8	B18.3.5M - 4 x 0,7 x 8 Socket FCHS - 8N		2



	Skala : 1:1	Digambar : Ardiyanlo Wicaksono	Keterangan
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525089	
Tanggal : 31/08/21	Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang	No. : 9	
Universitas Islam Indonesia			A4

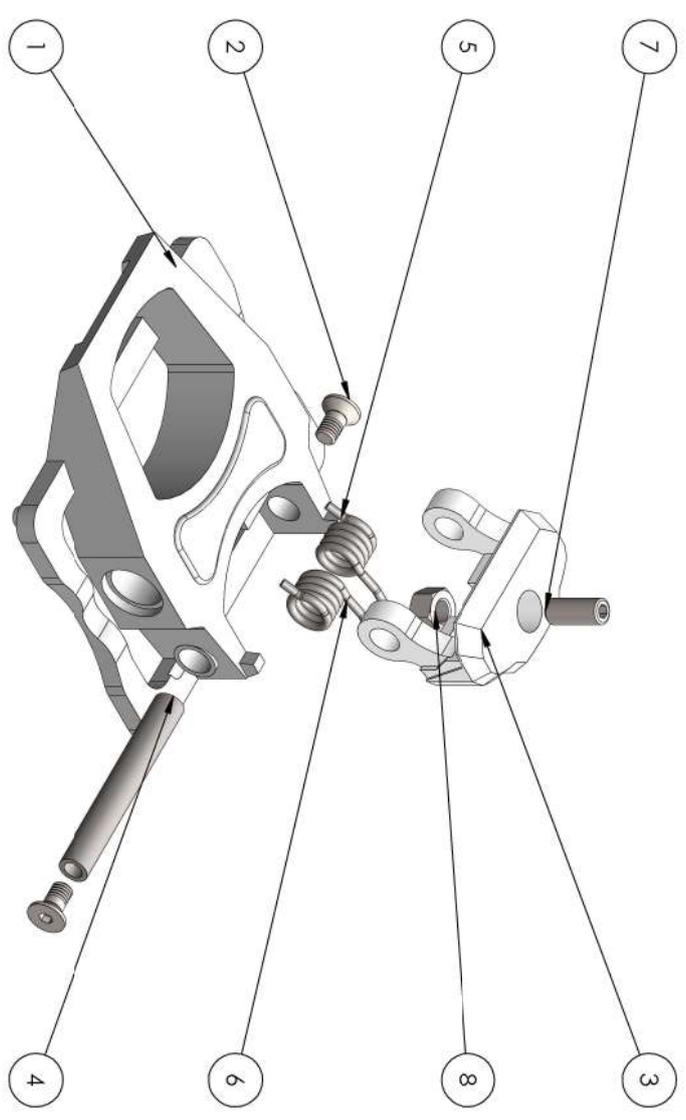


ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Hook Konsep 2		1
2	Hook Shaft V2		1
3	Spring Kanan		1
4	Spring Kiri		1
5	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M5 x 0.8 --D-N		1
6	B18.3.6M - M5 x 0.8 x 12 Hex Socket Flat Pt. SS --N		1
7	Pedal Konsep 2		1
8	B18.3.5M - 4 x 0.7 x 8 Socket FCHS -- 8N		2



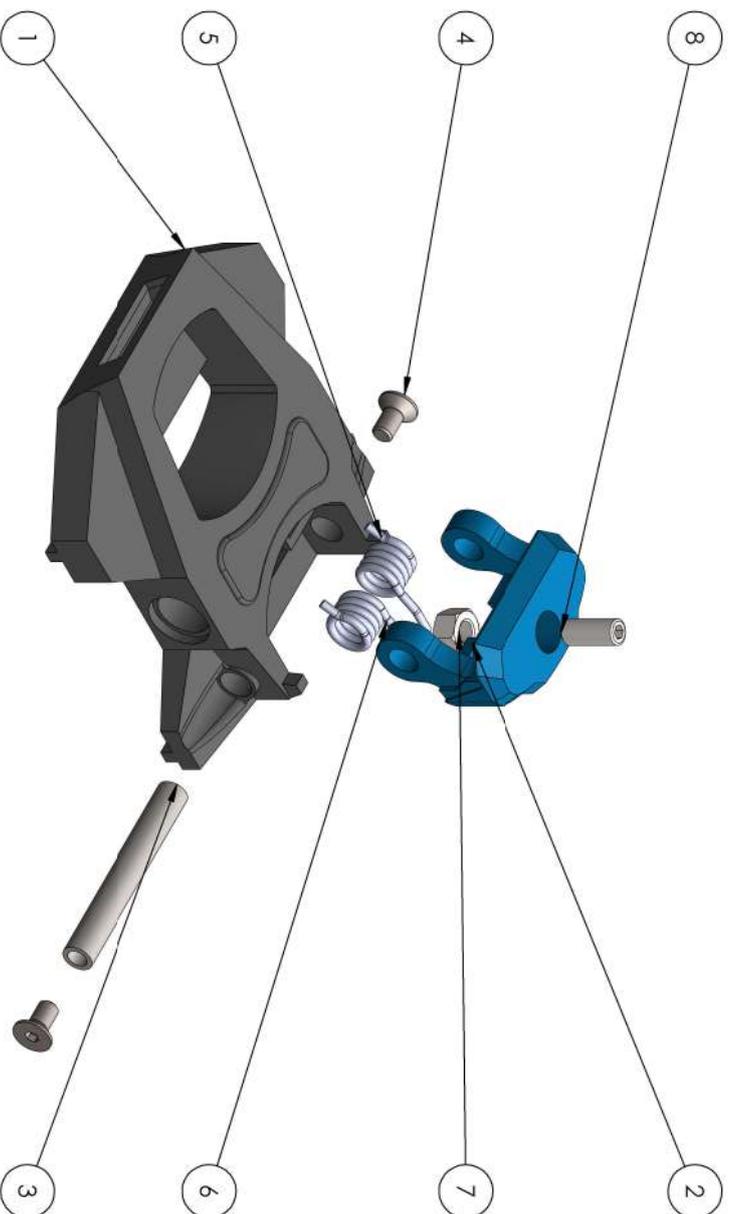
		Skala : 1:1 Satuan Ukuran : mm Tanggal : 31/08/21		Digambar : Ardyanlito Wicaksono NIM : 17525089 Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang		Keterangan	
Universitas Islam Indonesia				Pedal Konsep 2		No. : 10	
							A4

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Pedal Konsep 3		1
2	ISO 10642 - M4 x 8 - 8S		2
3	Hook Konsep 2		1
4	Hook Shaft V2		1
5	Spring Kanan		1
6	Spring Kiri		1
7	B18.3.6M - M5 x 0,8 x 12 Hex Socket Flat Pt. SS -N		1
8	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M5 x 0,8 -D-N		1



		Skala : 1:1	Digambar : Ardyanlito Wicaksono	Keterangan	
Satuan Ukuran : mm Tanggal : 31/08/21		NIM : 17525089	Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang		
Universitas Islam Indonesia		Pedal Konsep 3			
				No. : 11	A4

ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	Optimalisasi Pedal Konsep 2		1
2	Hook Konsep 2		1
3	Hook Shaft V2		1
4	B18.3.5M - 4 x 0.7 x 8 Socket FCHS - 8N		2
5	Spring Kanan		1
6	Spring Kiri		1
7	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M5 x 0.8 -D-N		1
8	B18.3.6M - M5 x 0.8 x 12 Hex Socket Flat Pt. SS -N		1



	Skala : 1:1	Digambar : Ardiyanlo Wicaksono	Keterangan
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525089	
Tanggal : 31/08/21	Diperiksa : Faisal Arif Nurgesang		
Universitas Islam Indonesia		Optimalisasi Pedal Konsep 2	No. : 12
			A4