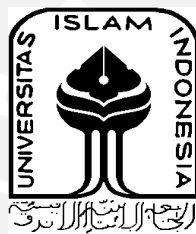


**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT BANTU
PENAHAN KURSI RODA PADA JALAN MENANJAK**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Chandra Nugraha

No. Mahasiswa : 15525073

NIRM : 2015011753

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

2021

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya yang saya buat adalah hasil kerja keras dan keringat saya sendiri kecuali kutipan-kutipan yang telah saya sebutkan sumbernya. Apabila di kemudian hari pernyataan saya ini terbukti tidak benar, saya siap diproses sesuai hukum dan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 14 April 2021



CHANDRA NUGRAHA

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT BANTU
PENAHAN KURSI RODA PADA JALAN MENANJAK**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

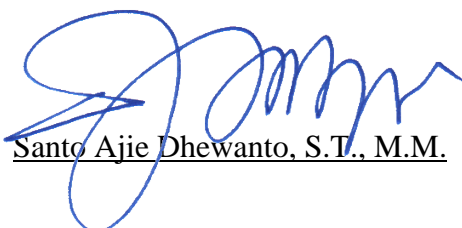
Nama : Chandra Nugraha

No. Mahasiswa : 15525073

NIRM : 2015011753

Yogyakarta, 14 April 2021

Dosen Pembimbing,



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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT BANTU PENAHAN KURSI RODA PADA JALAN MENANJAK

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Chandra Nugraha

No. Mahasiswa : 15525073

NIRM : 2015011753

Tim Penguji

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

Ketua


Tanggal : 28 Juni 2021

Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T.

Anggota I


Tanggal : 28 Juni 2021

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

Anggota II


Tanggal : 28 Juni 2021

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Eng. Rusdyono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Saya persembahkan hasil tugas akhir ini kepada ayah dan ibu tercinta yang tak henti-hentinya memberikan semangat dan doa.

Dosen pembimbing Santo Ajie Dhewanto S.T., M.M. yang selalu memberikan arahan dan juga motivasi hidup. Keluarga Himpunan Teknik Mesin LEM FTI UII sebagai tempat penerapan ilmu.



HALAMAN MOTTO

“Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia”

(HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni)

*“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.
Dan sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”*

(QS. Al Insyiroh : 5-6)

“Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambahkan (nimat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih“.”

(Qs. Ibrahim :7)

KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang membawa cahaya terang bagi seluruh umat manusia yang mau berpikir. Tugas akhir ini disusun agar memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

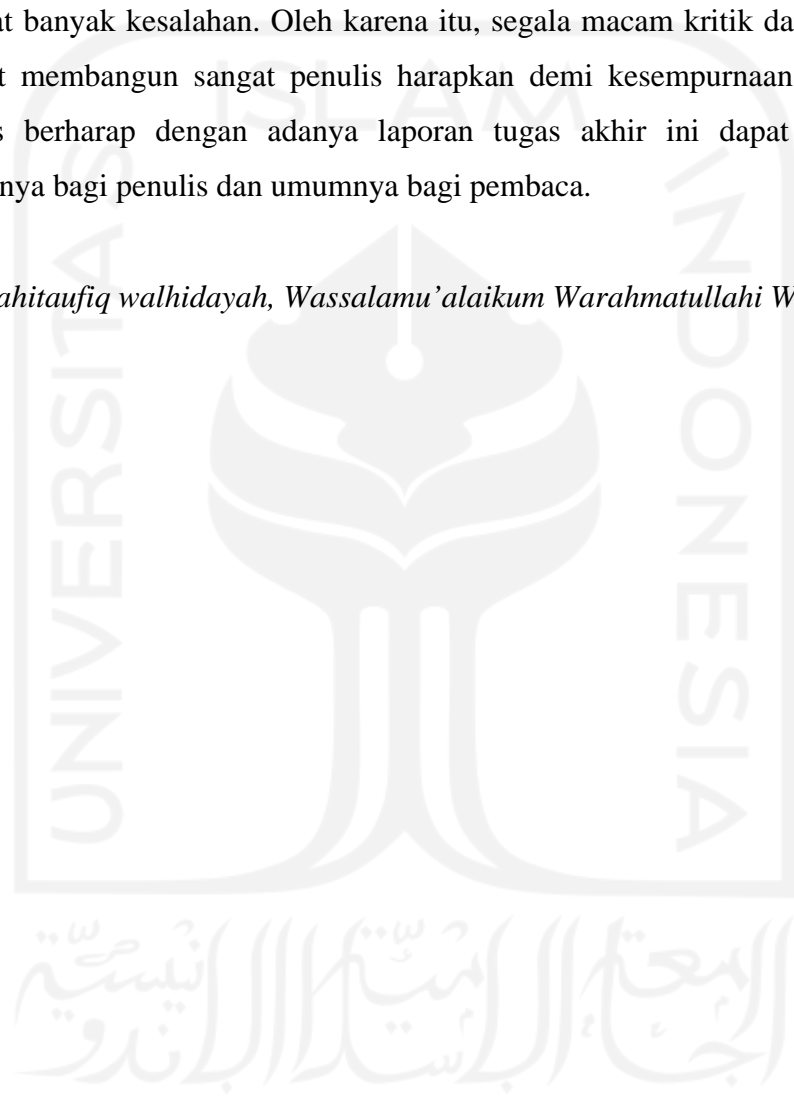
Pelaksanaan dan Penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul **"PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT BANTU PENAHAN KURSI RODA PADA JALAN MENANJAK"** dapat terselesaikan dengan baik dan lancar tak lepas dari bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua dan keluarga kami atas kasih sayang, dukungan, dan doanya sehingga kami tetap dapat melaksanakan Tugas Akhir dengan baik.
2. Bapak Dr.Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. selaku dosen pembimbing Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan semangat dan arahan ketika bimbingan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh Dosen Teknik Mesin FTI UII yang telah banyak mencetak sarjana-sarjana berkualitas.
5. Segenap jajaran Kepala Laboratorium Teknik Mesin FTI UII yang telah membantu penggunaan alat laboratorium untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin FTI UII yang membuat saya menjadi lebih bisa memaknai hidup.
7. Teman-teman seperjuangan ME15 (Mechanical Engineering 2015) dari awal masuk kuliah hingga saat ini. Terimakasih banyak atas segala bentuk dukungan, semangat, serta nasihat yang diberikan kepada penulis. Selalu

semangat untuk menggapai apa yang kalian inginkan, jangan pernah putus asa dan terus semangat. Semoga kekeluargaan dan persahabatan kita tetap terjaga.

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini penulis telah berusaha menyusun dengan sebaik-baiknya, namun tidak menutup kemungkinan didalamnya masih terdapat banyak kesalahan. Oleh karena itu, segala macam kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap dengan adanya laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Wabillahaufiq walhidayah, Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuhu



Yogyakarta, 14 April 2021

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Chandra Nugraha', is written over a horizontal line.

Chandra Nugraha

NIM 15525073

ABSTRAK

Dalam hal peralatan medis seperti kursi roda, teknologi kursi roda sudah semakin canggih. Sudah tercipta kursi roda dengan kombinasi komponen elektrik sehingga hanya dengan menekan tombol maka akan menggerakkan kursi roda tersebut seperti maju, mundur, dan juga pengereman. Tetapi tidak semua orang bisa membeli kursi roda tersebut karena tentu harganya yang sangat mahal terutama untuk kalangan orang menengah kebawah. Diperlukan suatu sistem pengereman otomatis yang dapat menahan kursi roda dari berjalan mundur pada saat sedang berjalan pada bidang yang miring. Pengereman otomatis hanya bekerja saat kursi roda berjalan mundur dan saat kursi roda berjalan maju dapat berjalan seperti biasa. Proses perancangan meliputi pembuatan desain lalu dilanjutkan ke fabrikasi alat lalu dilakukan pengujian. Pembuatan desain dibuat berdasarkan beberapa kriteria desain dan dilakukan menggunakan *software Solidworks 2018*. Fabrikasi alat terbagi menjadi fabrikasi basis dan juga kover. Fabrikasi basis dilakukan di bengkel las dengan menggunakan bahan utama *clamp saddle*, *gear* sepeda, dan *one way bearing* yang digabungkan dengan plat besi menggunakan mesin las. Fabrikasi kover dilakukan dengan menggunakan paduan pembuatan desain lalu dibuat *G-Code* pada *software Flashprint* lalu kover 3D dibuat menggunakan *3D Printer*. Pengujian pertama yang diuji adalah fitur *on/off* yang hasilnya dapat bekerja sesuai dengan keinginan. Pengujian kedua adalah kekuatan pengereman yang diuji pada bidang miring 14.3° dengan beban pengguna 80kg dan alat dapat menahan dengan sempurna. Pengujian ketiga adalah perhitungan waktu bagi pengguna untuk memasang dan melepas alat. Rata-rata waktu untuk memasang per alat adalah 19 detik dan untuk melepasnya adalah 8 detik.

Kata Kunci: Kursi Roda, *One Way Bearing*, *Solidworks*, *3D Printer*.

ABSTRACT

In the case of medical equipment such as wheelchairs, wheelchair technology has become increasingly sophisticated. A wheelchair has been created with a combination of electrical components so that just pressing a button will move the wheelchair like forward, backward, and also braking. But not everyone can buy a wheelchair because of course the price is very expensive, especially for the middle to lower class. An automatic braking system is required that can prevent the wheelchair from moving backwards while traveling on an inclined plane. Automatic braking only works when the wheelchair is moving backwards and when the wheelchair is moving forward it can run normally. The design process includes making a design and then proceeding to fabricating the tool and then testing it. The design is made based on several design criteria and is carried out using the Solidworks 2018 software. Tool fabrication is divided into base fabrication and also cover. Base fabrication is carried out in a welding workshop using the main materials of the clamp saddle, bicycle gear, and one way bearing which are combined with an iron plate using a welding machine. Cover fabrication is done by using a combination of design making then G-Code is made in Flashprint software and then a 3D cover is made using a 3D printer. The first test that is tested is the on / off feature which results can work as desired. The second test is the braking force tested on an inclined plane of 14.3° with a user load of 80kg and the tool can withstand perfectly. The third test is the calculation of the time for the user to install and remove the tool. Average time to attach the appliance is 19 seconds and to remove is 8 seconds.

Keywords: *Wheelchair, One Way Bearing, Solidworks 3D Printer.*

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih	vi
Abstrak	viii
Abstract	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar	xiii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan	2
1.5 Manfaat Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Perancangan	6
2.2.2 Kursi Roda	6
2.2.3 <i>Bearing</i>	8
2.2.4 <i>3D Printing</i>	9
Bab 3 Metode Penelitian	10
3.1 Alur Penelitian	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Proses Perancangan	16
3.3.1 Pembuatan Desain	16

3.3.2	Fabrikasi Produk.....	17
3.4	Pengujian	17
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	18
4.1	Penetapan Kriteria Desain.....	18
4.2	Pembuatan Desain.....	18
4.3	Fabrikasi Basis	22
4.4	Pengujian	24
4.5	Perbaikan Desain	25
4.6	Analisis Kekuatan Alat	30
4.7	Modifikasi Basis	34
4.8	Pembuatan Kover.....	35
4.9	Pengujian	40
4.10	Pembahasan.....	43
Bab 5	Penutup.....	45
5.1	Kesimpulan	45
5.2	Saran untuk Penelitian Selanjutnya	45
Daftar Pustaka	46
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengukuran Kemiringan di UII	24
Tabel 4.2 Waktu Pasang dan Lepas Alat.....	43



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Kursi Roda	7
Gambar 3.1 Diagram Alir	10
Gambar 3.2 Peralatan <i>Safety</i>	11
Gambar 3.3 Mesin Las	11
Gambar 3.4 Gerinda Tangan	11
Gambar 3.5 Obeng.....	12
Gambar 3.6 <i>Flashforge Creator Pro</i>	12
Gambar 3.7 <i>Husada 875</i>	13
Gambar 3.8 Plat Besi	13
Gambar 3.9 Baut.....	13
Gambar 3.10 <i>Pylox</i>	14
Gambar 3.11 Filamen	14
Gambar 3.12 <i>Bearing</i>	14
Gambar 3.13 <i>Gear</i> Sepeda	15
Gambar 3.14 Rantai.....	15
Gambar 3.15 Selang Biru	15
Gambar 3.16 <i>Clamp Saddle</i>	16
Gambar 4.1 <i>Assembly</i> Awal	18
Gambar 4.2 <i>Toggle Clamp</i> dan <i>Bearing</i>	19
Gambar 4.3 <i>Toggle Clamp</i> dan <i>Clamp Saddle</i>	20
Gambar 4.4 Konsep Awal	20
Gambar 4.5 Gambar Teknik	21
Gambar 4.6 Tampak Samping.....	21
Gambar 4.7 Tampak Atas.....	22
Gambar 4.8 Tampak Belakang	22
Gambar 4.9 Tampak Depan Alat.....	23
Gambar 4.10 Tampak Atas Alat.....	23
Gambar 4.11 Desain Alat	25
Gambar 4.12 Desain Baru	26
Gambar 4.13 Tampak Dekat.....	26

Gambar 4.14 Tampak Atas.....	27
Gambar 4.15 Desain <i>Off</i>	27
Gambar 4.16 Desain <i>On</i>	28
Gambar 4.17 Gambar Teknik	29
Gambar 4.18 Tampak Depan.....	29
Gambar 4.19 Tampak Samping	30
Gambar 4.20 Tampak Atas.....	30
Gambar 4.21 Arah Beban	31
Gambar 4.22 Detail Beban	32
Gambar 4.23 Analisis <i>Stress</i>	32
Gambar 4.24 Analisis <i>Displacement</i>	33
Gambar 4.25 Analisis <i>Strain</i>	33
Gambar 4.26 <i>Factor of Safety</i>	34
Gambar 4.27 Basis Baru.....	34
Gambar 4.28 Tampak Belakang	35
Gambar 4.29 Desain Kover	36
Gambar 4.30 <i>Flashprint</i> Awal.....	37
Gambar 4.31 Pilihan <i>Print</i>	37
Gambar 4.32 Parameter <i>Print</i>	38
Gambar 4.33 Hasil <i>Flashprint</i>	38
Gambar 4.34 <i>Flashprint</i> <i>Final</i>	39
Gambar 4.35 Kover	39
Gambar 4.36 Tampilan Dekat	40
Gambar 4.37 Posisi <i>Off</i>	40
Gambar 4.38 Posisi <i>Off</i> Dekat	41
Gambar 4.39 Posisi <i>On</i>	41
Gambar 4.40 Posisi <i>On</i> Dekat	42
Gambar 4.41 Pengujian di Parkiran FIAI.....	42

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di zaman modern ini, tentunya semakin banyak orang yang kebutuhannya ikut berkembang mengikuti perubahan zaman. Banyak alat yang dulu belum ada sekarang sudah tercipta terutama dalam ilmu kesehatan. Mulai dari obat-obatan yang semakin berkembang hingga peralatan medis yang sudah modern. Namun, tidak dapat dipungkiri bahwa semakin berkembangnya zaman, semakin banyak pula kebutuhan yang harus kita penuhi yang dimana membutuhkan biaya hidup lebih banyak untuk kehidupan sehari-hari.

Dalam hal peralatan medis seperti kursi roda, teknologi kursi roda sudah semakin canggih. Sudah tercipta kursi roda dengan kombinasi komponen elektrik sehingga hanya dengan menekan tombol maka akan menggerakkan kursi roda tersebut seperti maju, mundur, dan juga pengereman. Tetapi tidak semua orang bisa membeli kursi roda tersebut karena tentu harganya yang sangat mahal terutama untuk kalangan orang menengah kebawah.

Pada alternatif yang lebih terjangkau, kursi roda manual tentu menjadi pilihan bagi sebagian besar kalangan. Namun, kursi roda yang ada di pasaran sekarang masih menggunakan sistem pengereman manual sehingga membahayakan untuk pengguna kursi roda itu sendiri apabila sedang sedang ingin jalan menanjak dan tidak sempat melakukan pengereman karena panik.

Diperlukan suatu sistem pengereman otomatis yang dapat menahan kursi roda dari berjalan mundur pada saat sedang berjalan pada bidang yang miring. Pengereman otomatis hanya bekerja saat kursi roda berjalan mundur dan saat kursi roda berjalan maju dapat berjalan seperti biasa. Oleh karena itu, perlu dibuat suatu inovasi sistem pengereman yang otomatis sehingga dapat meningkatkan keamanan bagi para pengguna kursi roda dengan signifikan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat ditentukan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Seperti apa proses pembuatan dan analisis pengereman otomatis pada kursi roda manual?
2. Apakah pengereman otomatis tersebut dapat bekerja dengan baik di jalan tanjakan?
3. Apakah alat mudah dilepas dan dipasang serta dapat dioperasikan oleh pengguna secara mandiri?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, batasan masalah yang akan digunakan agar terdapat batasan-batasan yang jelas dalam pengerjaan adalah:

1. Proses desain dan analisis menggunakan *software Solidworks* 2018.
2. Kursi roda manual yang dipakai sebagai acuan adalah *Husada* 875 yang menggunakan ban karet tanpa angin.
3. Pembuatan produk menggunakan bahan yang tersedia di pasaran.
4. Pengujian dilakukan pada bidang dengan sudut kemiringan tertinggi di lingkungan UII.
5. Pengujian dilakukan dengan berat pengguna 80kg.

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan dari rumusan masalah yang ada adalah:

1. Membuat mekanisme dan analisis pengereman otomatis pada kursi roda manual.
2. Memastikan pengereman otomatis dapat bekerja dengan baik di jalan tanjakan.
3. Memastikan alat mudah dilepas dan dipasang serta dapat dioperasikan oleh pengguna secara mandiri.

1.5 Manfaat Perancangan

Adapun manfaat dari perancangan ini yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Menambahkan inovasi terbaru dalam meningkatkan teknologi dalam dunia medis di Indonesia.
2. Terciptanya sebuah produk pengereman secara otomatis kursi roda manual.
3. Menjadi pembelajaran bagi penelitian yang serupa kedepannya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini terdiri dari:

BAB I PENDAHULUAN

Membahas tentang pengenalan dan latar belakang perancangan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Membahas tentang dasar teori yang berhubungan dengan perancangan dan metode yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Membahas tentang alur proses perancangan, dari desain hingga pemilihan bahan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Membahas tentang hasil perancangan model yang dibuat dan menjelaskan bentuk fisik dari sistem pergerakan yang sesuai dengan kondisi aslinya.

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dan saran-saran dari proses perancangan, serta keterbatasan-keterbatasan yang ditemukan dan juga asumsi-asumsi yang dibuat selama melakukan perancangan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Difabel adalah orang yang memiliki kelainan fisik atau mental yang dapat mengganggu atau sebagai rintangan baginya dalam melakukan aktivitas. (Maxwell, 1995)

Berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum, terdapat jalur khusus yang digunakan oleh pengguna kursi roda yaitu *ramp*. *Ramp* adalah jalur sirkulasi yang memiliki bidang dengan kemiringan tertentu, sebagai alternatif bagi orang yang tidak dapat menggunakan tangga. Persyaratan-persyaratan dari *ramp* adalah sebagai berikut:

1. Kemiringan suatu *ramp* di dalam bangunan tidak boleh melebihi 7° , perhitungan kemiringan tersebut tidak termasuk awalan atau akhiran *ramp* (*curb ramps/landing*) Sedangkan kemiringan suatu *ramp* yang ada di luar bangunan maksimum 6° .
2. Panjang mendatar dari satu *ramp* (dengan kemiringan 7°) tidak boleh lebih dari 900 cm. Panjang *ramp* dengan kemiringan yang lebih rendah dapat lebih panjang.
3. Lebar minimum dari *ramp* adalah 95 cm tanpa tepi pengaman, dan 120 cm dengan tepi pengaman. Untuk *ramp* yang juga digunakan sekaligus untuk pejalan kaki dan pelayanan angkutan barang harus dipertimbangkan secara seksama lebarnya, sedemikian sehingga bisa dipakai untuk kedua fungsi tersebut, atau dilakukan pemisahan *ramp* dengan fungsi sendiri-sendiri.
4. Muka datar (*bordes*) pada awalan atau akhiran dari suatu *ramp* harus bebas dan datar sehingga memungkinkan sekurang-kurangnya untuk memutar kursi roda dengan ukuran minimum 160 cm.
5. Permukaan datar awalan atau akhiran suatu *ramp* harus memiliki tekstur sehingga tidak licin baik diwaktu hujan.
6. Lebar tepi pengaman *ramp* (*low curb*) 10 cm, dirancang untuk menghalangi roda kursi roda agar tidak terperosok atau keluar dari jalur *ramp*. Apabila

berbatasan langsung dengan lalu-lintas jalan umum atau persimpangan harus dibuat sedemikian rupa agar tidak mengganggu jalan umum.

7. *Ramp* harus diterangi dengan pencahayaan yang cukup sehingga membantu penggunaan *ramp* saat malam hari. Pencahayaan disediakan pada bagian-bagian *ramp* yang memiliki ketinggian terhadap muka tanah sekitarnya dan bagian-bagian yang membahayakan.
8. *Ramp* harus dilengkapi dengan pegangan rambatan (*handrail*) yang dijamin kekuatannya dengan ketinggian yang sesuai. (Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 1998)

Undang-Undang Nomor 4 Tahun 1997 Pasal 1, mendefinisikan disabilitas sebagai sebuah keadaan kelainan fisik dan atau mental yang mengganggu atau menjadi sebuah rintangan dan hambatan baginya untuk melakukan aktifitas secara layak. Berdasarkan pada data Survei Penduduk Antar Sensus (SUPAS) pada 2015 yang dilaksanakan di Yogyakarta, diketahui setidaknya terdapat 31.825 orang yang mengalami kesulitan mobilitas. Selain itu, terdapat setidaknya 25.322 orang yang menggunakan alat bantu untuk melakukan dan masih terdapat 6.503 orang di Yogyakarta yang belum memiliki alat bantu mobilitas. Kursi roda, merupakan salah satu alat bantu mobilitas yang paling sering dipergunakan.

Kursi roda adalah alat bantu yang digunakan oleh orang yang mengalami kesulitan berjalan menggunakan kaki, baik dikarenakan oleh penyakit, cedera, maupun cacat. Alat ini bisa digerakan dengan didorong oleh pihak lain, digerakan dengan menggunakan tangan, atau dengan menggunakan mesin otomatis. (Abrianto, 2012)

Dari pengamatan awal tentang kursi roda yang telah dilakukan, terlihat bahwa masih terdapat kekurangan pada kursi roda manual yaitu belum sesuai dengan spesifikasi *ISO 7176-5*. Untuk memenuhi standar tersebut, kursi roda manual perlu dirancang ulang. Perancangan ulang ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas kursi roda melalui penyesuaian rancangan dengan standar *ISO 7176-5*. Sedangkan batasan masalah untuk penelitian ini adalah jenis kursi roda yang diteliti adalah kursi roda manual yang paling banyak di temuin di pasaran serta acuan rancang ulang kursi roda hanya berdasarkan standar internasional yang telah ditetapkan yaitu *ISO 7176-5*.

2.2 Dasar Teori

Dasar teori pada perancangan ini dijelaskan pada sub-bab berikut.

2.2.1 Perancangan

Terdapat 2 jenis tugas akhir yang dapat dilakukan di Teknik Mesin UII. Yang pertama adalah penelitian dan yang kedua adalah perancangan. Penelitian terdiri dari penelitian laboratorium serta analisis dan pemecahan masalah di industri. Perancangan berarti yang dilakukan adalah perancangan/pembuatan produk ataupun alat.

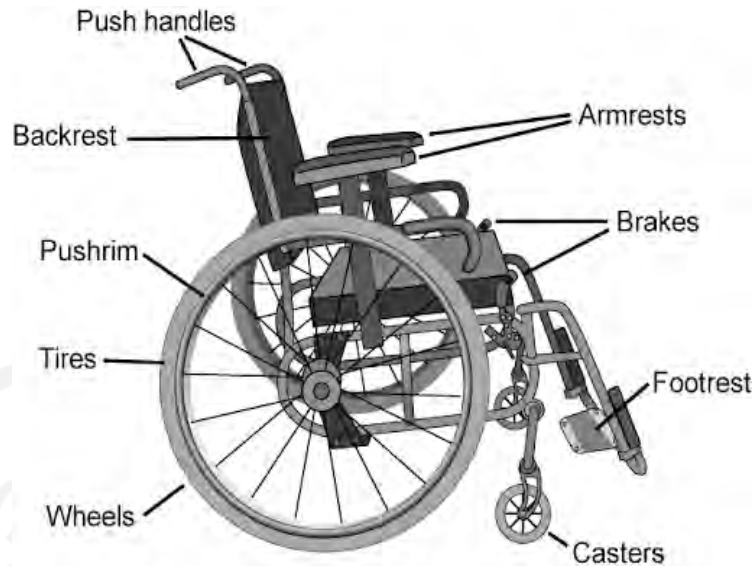
Perancangan produk adalah sebuah proses yang berawal pada ditemukannya kebutuhan manusia akan sesuatu produk sampai diselesaikannya gambar dan dokumen hasil rancangan yang dipakai sebagai dasar pembuatan produk. Hasil rancangan yang dibuat menjadi produk akan menghasilkan produk yang dapat memenuhi kebutuhan manusia. (Harsokoesoemo, 2004)

Perancangan sebuah peralatan untuk bekerja harus berdasarkan atas data antropometri penggunaannya, karena bertujuan untuk meminimalisir resiko mengenai tingkat kelelahan kerja, meningkatkan performansi kerja dan mengurangi potensi kecelakaan kerja. (Pulat, 1992)

Perancangan adalah penggambaran, perencanaan, dan penyusunan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen terpisah dan suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi. (Yakub, 2012)

2.2.2 Kursi Roda

Kursi roda memiliki beberapa komponen utama yang terdapat didalamnya, komponen utama yang terdapat pada kursi roda pada gambar 2.1:



Gambar 2.1 Komponen Kursi Roda

www.msktc.org

1. *Push Handle*

Push Handle merupakan komponen yang terletak pada posisi belakang kursi roda, terdapat pengaman karet pada bagian tersebut yang berfungsi untuk memberikan kenyamanan pada saat mendorong kursi roda.

2. *Backrest*

Backrest merupakan komponen penting yang berfungsi sebagai sandaran badan pengguna kursi roda.

3. *Armrest*

Armrest merupakan komponen yang terdapat pada kanan dan kiri sisi kursi roda yang berfungsi sebagai sandaran kedua lengan pengguna.

4. *Footrest*

Footrest merupakan komponen yang digunakan untuk pijakan kaki, komponen ini biasanya didesain untuk bisa disesuaikan dengan panjang dan jenis kaki yang berbeda-beda.

5. *Brakes*

Brakes digunakan untuk menghentikan pergerakan kursi roda, komponen ini biasanya diletakkan di roda-roda utama.

6. *Caster wheels*

Caster wheels terletak didepan bagian roda utama, biasanya komponen ini berukuran lebih kecil dengan ukuran 8 inci.

7. *Wheels*

Wheels merupakan komponen utama untuk menggerakkan kursi roda.

8. *Seat*

Seat merupakan suatu komponen dimana pengguna duduk pada kursi roda tersebut.

9. *Pushrim*

Komponen *pushrim* ini digunakan oleh pengguna untuk menggerakkan kursi roda manual. (McKeough, 2013)

Komponen terpenting dalam kursi roda merupakan kerangka utamanya. Salah satu terobosan paling besar dalam pengembangan teknologi pada kursi roda, seperti penggunaan material yang ringan untuk rangka kursi roda tersebut. Oleh karena itu, beberapa produsen kursi roda memilih komponen seperti *stainless steel*, *chrome*, *aluminium*, *steel tubing*, *lightweight materials*, dan *titanium*. Jenis yang digunakan untuk membangun rangka kursi mengakibatkan beban pada *frame* dan beban keseluruhan pada kursi roda. (Alhadi, 2018)

2.2.3 *Bearing*

Bantalan (*bearing*) merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Dalam perancangan suatu alat, dibutuhkan beberapa komponen pendukung. Teori komponen berfungsi untuk memberi landasan dalam perancangan atau pembuatan alat. Ketepatan dan ketelitian dalam pemilihan berbagai nilai atau ukuran dari komponen itu sangat mempengaruhi kinerja dari alat yang akan dirancang.

Bearing (bantalan) adalah elemen mesin yang menumpu poros yang mempunyai beban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan mempunyai umur yang panjang. *Bearing* harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika *bearing* tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem tidak dapat bekerja secara semestinya. (Hermawan, 2012)

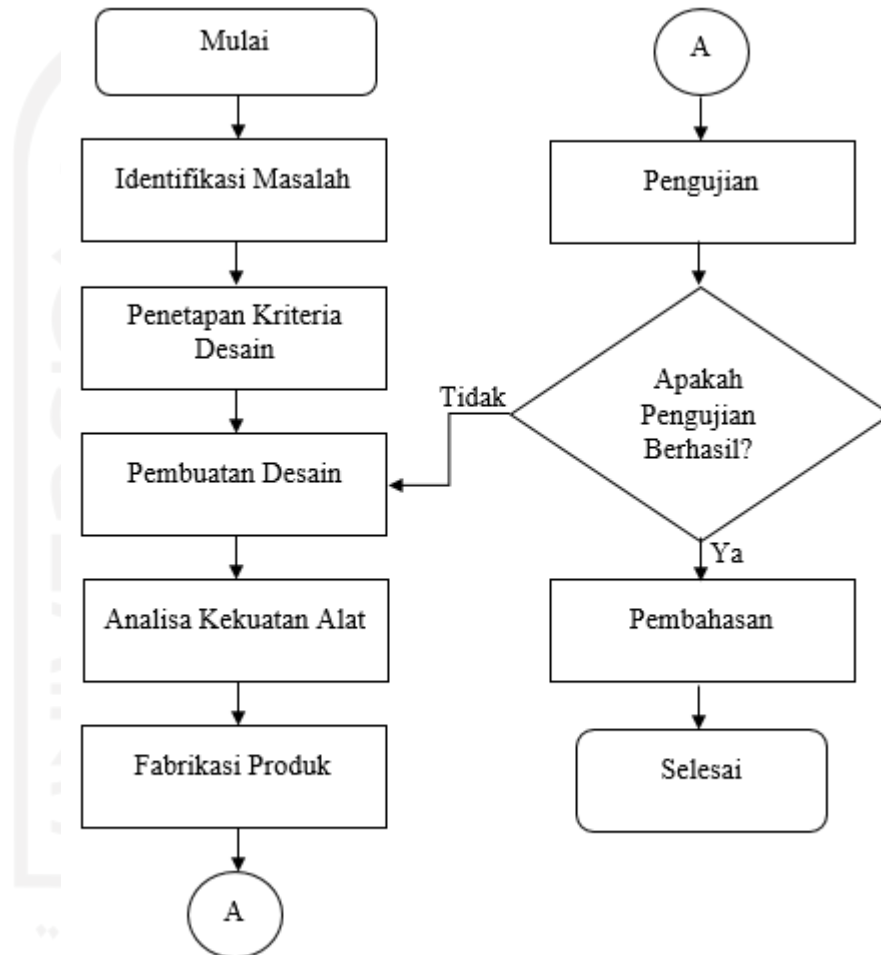
2.2.4 3D Printing

3D Printing atau dikenal juga sebagai *Additive Layer Manufacturing* menurut adalah proses membuat objek pada 3 dimensi atau bentuk apapun dari model digital. Cara kerjanya hampir sama dengan printer laser dengan teknik membuat objek dari sejumlah *layer/lapisan* yang masing-masing dicetak di atas setiap lapisan lainnya. Teknologi *printing* ini sendiri sebenarnya sudah berkembang sejak sekitar 1980an namun belum begitu dikenal hingga tahun 2010an ketika mesin cetak *3D* ini dikenalkan secara komersial. Dalam sejarahnya *Printer 3D* pertama yang bekerja dengan baik dibuat oleh Chuck Hull dari *3D System Corp* pada tahun 1984. Sejak saat itu teknologi *3D printing* semakin berkembang dan digunakan dalam purwarupa (model) maupun industri secara luas seperti dalam arsitektur, otomotif, militer, industri medis, *fashion*, sistem informasi geografis sampai *biotech* (penggantian jaringan tubuh manusia). (Excell, 2013)

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian akan dijelaskan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada pembuatan basis serta kover pengereman otomatis pada kursi rodal manual adalah:

1. Peralatan *Safety*



Gambar 3.2 Peralatan *Safety*

www.pengelasan.net

2. Mesin Las



Gambar 3.3 Mesin Las

www.builder.id

3. Gerinda Tangan



Gambar 3.4 Gerinda Tangan

www.lazada.co.id

4. Obeng



Gambar 3.5 Obeng

www.lazada.co.id

5. 3D Printer *Flashforge Creator Pro*



Gambar 3.6 *Flashforge Creator Pro*

www.ubuy.com.tr

6. Kursi Roda *Husada 875*



Gambar 3.7 Husada 875

www.tokopedia.com

Bahan yang digunakan pada pembuatan basis serta kover pengereman otomatis pada kursi roda manual adalah:

1. Plat Besi



Gambar 3.8 Plat Besi

www.ahlikuli.com

2. Baut



Gambar 3.9 Baut

www.hariharibaut.com

3. *Pylox*



Gambar 3.10 *Pylox*

www.nipponpaint-indonesia.com

4. *Filamen 3D Printer*



Gambar 3.11 *Filamen*

www.builder.id

5. *Bearing*



Gambar 3.12 *Bearing*

www.amazon.com

6. Gear Sepeda



Gambar 3.13 Gear Sepeda

www.jakartanotebook.com

7. Rantai



Gambar 3.14 Rantai

www.bukalapak.com

8. Selang Biru



Gambar 3.15 Selang Biru

www.id.aliexpress.com

9. Clamp Saddle



Gambar 3.16 *Clamp Saddle*

www.olx.co.id

3.3 Proses Perancangan

Proses perancangan dimulai dengan mengukur dimensi dari kursi roda manual *Husada 875* pada bagian samping yang dimana bagian itu akan dijadikan tempat pemasangan sistem pengereman otomatis. Setelah dimensi didapatkan, proses selanjutnya adalah pembuatan desain basis pengereman otomatis serta desain kover. Setelah desain selesai dibuat, perancangan dilanjutkan dengan fabrikasi basis pengereman otomatis dan juga kover.

3.3.1 Pembuatan Desain

Desain dibuat dengan menggunakan *software Solidworks 2018*. Desain terbagi 2 yaitu basis dan juga kover. Basis merupakan dasar komponen yang menjadi sistem utama dalam pengereman serta menjadi pusat kekuatan pengereman. Kover adalah bagian yang menutupi beberapa bagian dari basis yang berguna untuk menambah keamanan serta estetika dari produk. Setelah desain dari basis selesai dibuat, proses selanjutnya adalah analisis kekuatan alat yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan alat saat dibuat produk aslinya. Analisis kekuatan alat akan menganalisis *stress, displacement, strain*, dan juga *factor of safety*.

3.3.2 Fabrikasi Produk

Tahap fabrikasi pada perancangan ini terbagi menjadi 2 bagian yaitu basis dan kover. Fabrikasi basis menggunakan jasa bengkel las dengan tujuan menggabungkan alat yang dipakai dengan menggunakan plat besi. Setelah seluruh bagian dari basis selesai dibuat, proses selanjutnya adalah pewarnaan basis dengan menggunakan *pylox* yang berguna untuk mempercantik tampilan dari produk. Setelah diwarnai, selanjutnya adalah fabrikasi kover dengan menggunakan *3D Printer* yang kemudian kover tersebut di-*assembly* terhadap basis dengan menggunakan baut.

3.4 Pengujian

Proses pengujian pada perancangan ini terdiri dari beberapa tahap, yakni sebagai berikut:

1. Pengujian mekanisme pengereman otomatis. Saat pengereman otomatis tidak aktif, kursi roda akan bekerja seperti kursi roda pada umumnya. Saat pengereman otomatis diaktifkan, kursi roda tidak bisa bergerak mundur.
2. Pengujian pengereman di bidang miring. Kekuatan pengereman akan diuji dengan praktek langsung fungsi pengereman pada bidang paling miring yang terdapat di lingkungan UII yang mungkin untuk dilalui dengan kursi roda dengan adanya pengguna.
3. Perhitungan waktu untuk memasang dan melepas alat. Melakukan pemasangan dan pelepasan alat yang dilakukan oleh pengguna saat sedang menggunakan kursi roda sebanyak 10 kali.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penetapan Kriteria Desain

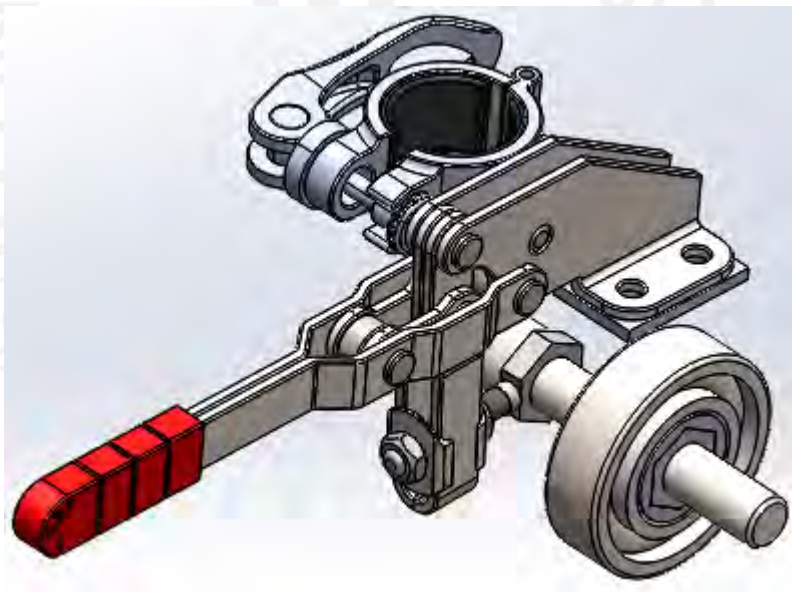
Pada penelitian ini, terdapat beberapa kriteria desain yang harus terpenuhi antara lain sebagai berikut:

1. Tidak mengubah atau memodifikasi kursi roda.
2. Harus dapat dibongkar pasang dengan proses yang mudah.
3. Proses pemasangan dan pelepasan alat harus dapat dilakukan oleh pengguna saat sedang duduk di kursi roda.
4. Fitur pengereman dapat diaktifkan dan dinon-aktifkan oleh pengguna.
5. Memiliki kover agar tidak berbahaya serta menambah estetika.

Setelah didapat kriteria desain tersebut, proses selanjutnya adalah pembuatan desain.

4.2 Pembuatan Desain

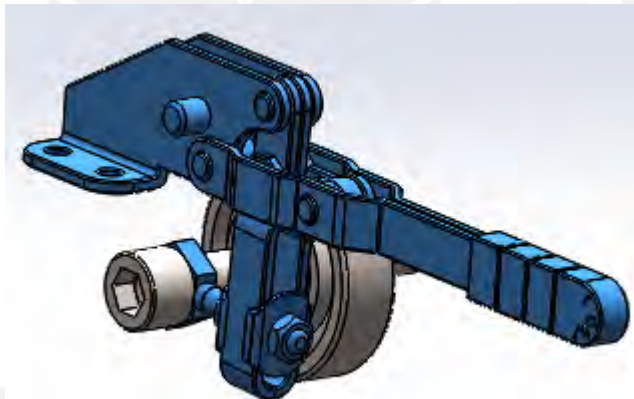
Dengan mempertimbangkan kriteria desain diatas, maka dibuatlah desain seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 *Assembly Awal*

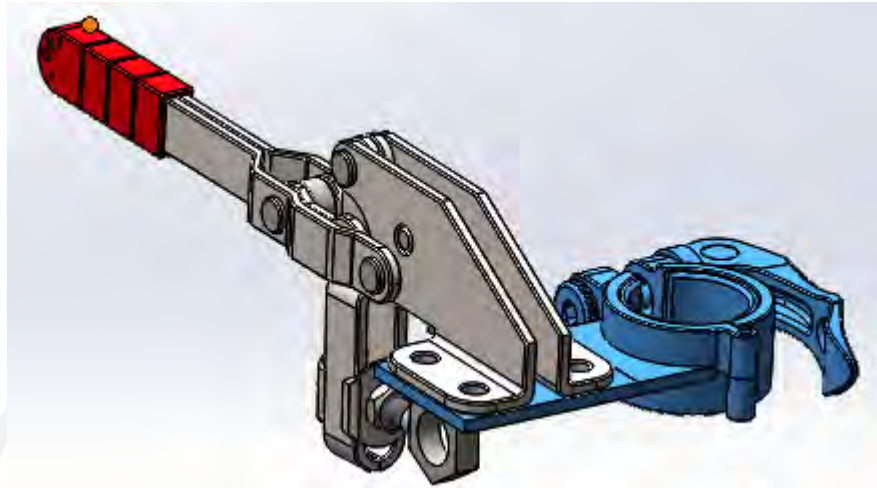
Desain yang sudah dibuat merupakan gabungan dari beberapa part yakni *clamp saddle*, *toggle clamp*, dan *one way bearing*. *Clamp Saddle* berguna untuk mengunci produk pada kursi roda karena menggunakan sistem pengencangan menggunakan baut. Pengencangan dengan menggunakan baut tentu sangat dibutuhkan agar dapat terpasang dengan kokoh pada seluruh jenis kursi roda yang mungkin memiliki dimensi berbeda-beda. Selanjutnya, *toggle clamp* berguna untuk menyambungkan *clamp saddle* dengan *bearing* serta sebagai alat untuk mengaktifkan maupun menonaktifkan fitur rem tersebut. Pada saat *toggle* berada pada posisi horizontal maka rem sedang nonaktif dan dapat diaktifkan dengan cara menggerakkan *toggle* sehingga berada pada posisi vertikal. Terakhir, *bearing* pada produk tersebut berguna sebagai bidang yang bersentuhan langsung dengan ban sebagai rem. Fitur dari *one way bearing* adalah hanya dapat bergerak satu arah sehingga kursi roda tidak dapat bergerak mundur namun tetap dapat bergerak maju.

Hubungan antara *toggle clamp* dengan *bearing* menggunakan perantara batang besi dapat dilihat pada gambar 4.2.



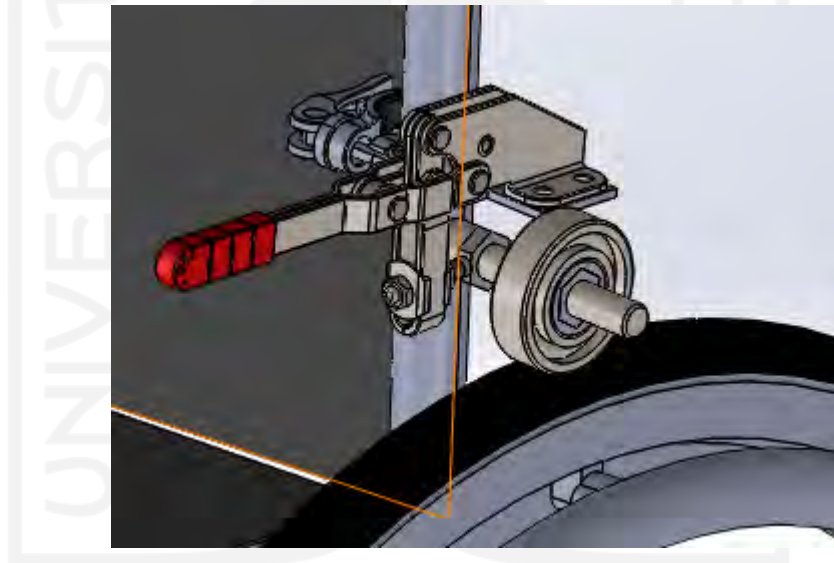
Gambar 4.2 Toggle Clamp dan Bearing

Hubungan antara *clamp saddle* dengan *toggle clamp* menggunakan perantara plat besi dapat dilihat pada gambar 4.3.



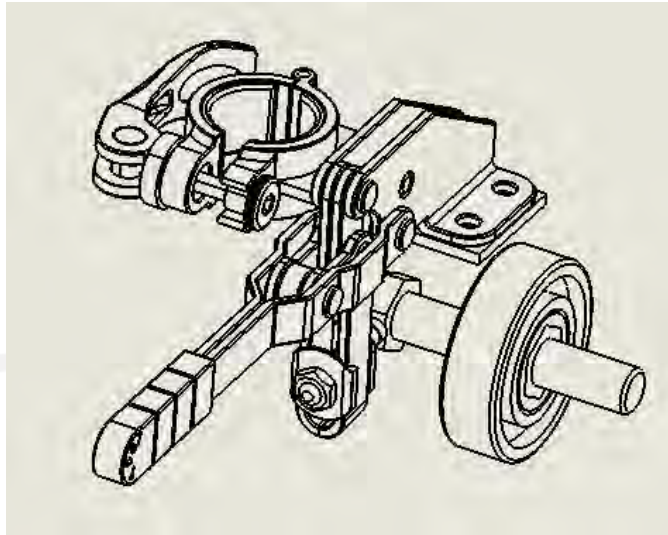
Gambar 4.3 Toggle Clamp dan Clamp Saddle

Setelah seluruh *part* tersebut dibuat, alat tersebut digabungkan dengan kursi roda pada desain seperti pada gambar 4.4.



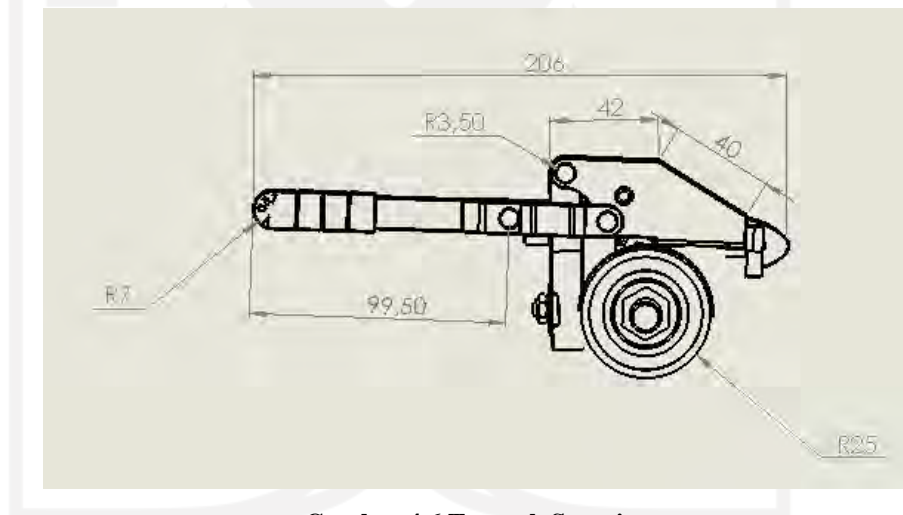
Gambar 4.4 Konsep Awal

Gambar teknik dari alat tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5.



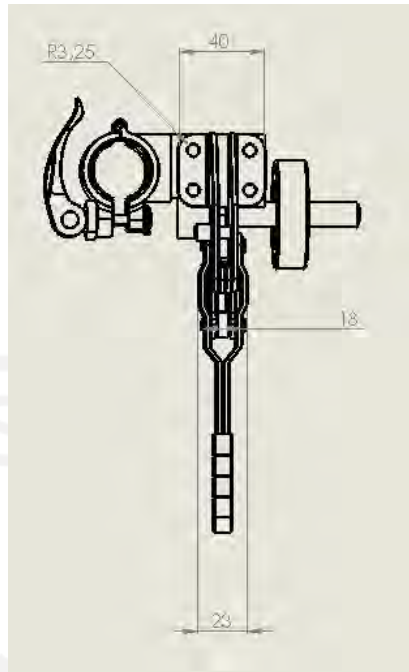
Gambar 4.5 Gambar Teknik

Tampak samping gambar teknik serta dimensi dari alat dapat dilihat pada gambar 4.6.



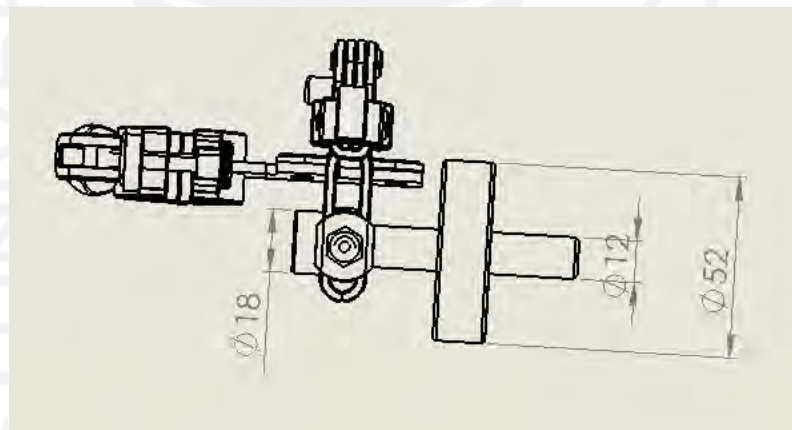
Gambar 4.6 Tampak Samping

Tampak atas gambar teknik serta dimensi dari alat dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Tampak Atas

Tampak belakang gambar teknik serta dimensi dari alat dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Tampak Belakang

Gambar teknik lengkap dari desain ini dapat dilihat pada bagian lampiran.

4.3 Fabrikasi Basis

Setelah desain tersebut selesai dibuat, proses selanjutnya adalah fabrikasi basis yang dilakukan di bengkel las. *Clamp saddle*, *toggle clamp*, dan *one way bearing* disatukan dengan menggunakan las dan kemudian dipasang ke kursi roda seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Tampak Depan Alat

Gambar 4.10 merupakan tampak rem otomatis dari posisi atas.



Gambar 4.10 Tampak Atas Alat

Dari kedua gambar tersebut dapat terlihat bahwa *clamp saddle* terpasang pada batang samping kursi roda dan dapat dikencangkan maupun dikendorkan dengan menyesuaikan kekencangan baut di *clamp saddle*. Pada gambar terlihat bahwa *toggle clamp* sedang berada posisi vertikal maka pengereman otomatis sedang dalam kondisi aktif. *One way bearing* yang terhubung dengan roda berguna sebagai bidang pengereman sehingga tidak dapat bergerak kebelakang.

4.4 Pengujian

Terdapat tiga pengujian yang dilakukan pada penelitian ini. Yang pertama adalah memastikan fitur *on/off* dapat bekerja dengan baik. Setelah dilakukan pengujian, fitur tersebut berhasil. Saat sedang dalam posisi aktif, kursi roda hanya dapat berjalan ke depan dan tidak dapat berjalan ke belakang. Saat sedang dalam posisi tidak aktif, kursi roda dapat berjalan ke depan maupun ke belakang.

Pengujian yang kedua adalah pengujian kekuatan pengereman yang dilakukan pada bidang dengan sudut kemiringan tertinggi yang terdapat di lingkungan UII dan didapat 11 tempat yang cocok yang akan dijelaskan pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengukuran Kemiringan di UII

Tempat	Kemiringan (derajat)
FMIPA	6.7
Kantor LEM	11.0
Belakang Ulil	6.8
FTSP	12.6
Parkitan FTI	7.2
GOR UII	11.7
FTI	6.4
Parkiran FTI	7.4
Samping FTI	10.6
Parkiran FIAI	14.3

Berdasarkan data tersebut, maka yang memiliki sudut tertinggi adalah parkiran FIAI dengan sudut kemiringan 14.3°.

Pada pengujian ini, terjadi *slip* pada kontak *bearing* dengan roda. Kemiringan yang tinggi membuat cengkaman yang dilakukan oleh *bearing* tidak cukup kuat untuk menahan roda dari berputar. Selain cengkaman yang kurang kuat, *toggle clamp* yang dipakai pun juga mengalami pergerakan akibat dari alat yang kurang kokoh. Toggle clamp yang dipakai pun justru menambah kendala karena keringkihannya serta membuat alat lebih rumit. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi ulang sistem pengereman agar pengereman yang diberikan lebih kuat sehingga tidak lagi terjadi *slip*.

4.5 Perbaikan Desain

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, perlu dilakukan pergantian media alat yang bersentuhan langsung dengan roda. Ada beberapa kendala yang terdapat pada alat sebelumnya seperti alat kurang kokoh dan media yang bersentuhan dengan roda sebagai remnya kurang kuat. *Toggle clamp* yang pada alat sebelumnya dipakai, pada desain dihilangkan karena fungsi dari alat tersebut dapat dilakukan secara langsung oleh mekanisme dari plat besi. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi secara menyeluruh pada desain terutama bagian yang bersentuhan dengan roda agar membuat cengkaman yang diberikan lebih kuat dengan menambahkan *gear* sepeda serta sistem rem otomatis diterapkan pada kedua ban sehingga keseluruhan produk lebih kokoh. Tampilan dari alat dapat dilihat pada gambar 4.11.



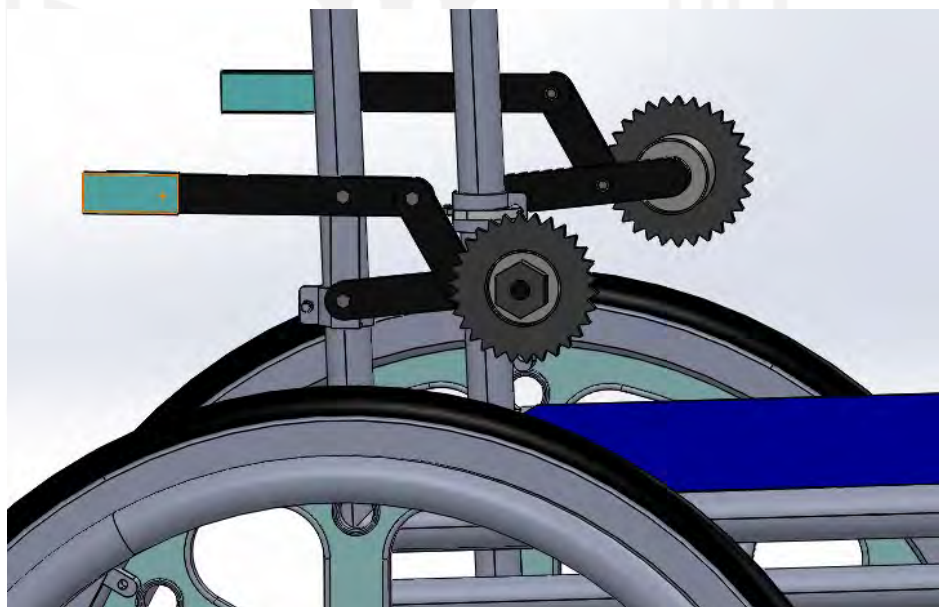
Gambar 4.11 Desain Alat

Tampilan dari alat saat dipasang pada kursi roda yang terpasang pada kedua roda dapat dilihat pada gambar 4.12.



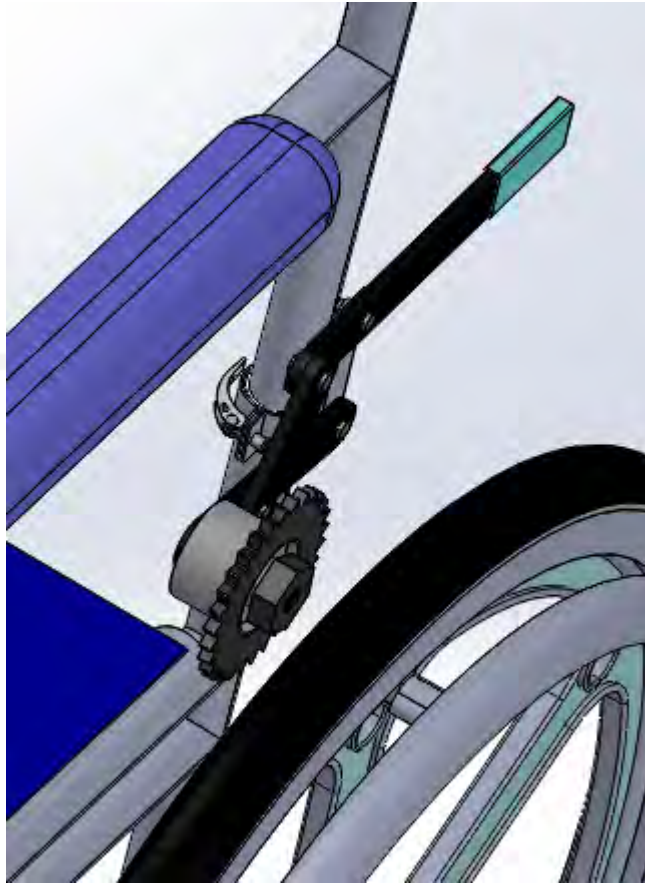
Gambar 4.12 Desain Baru

Tampilan lebih dekat dapat dilihat pada gambar 4.13.



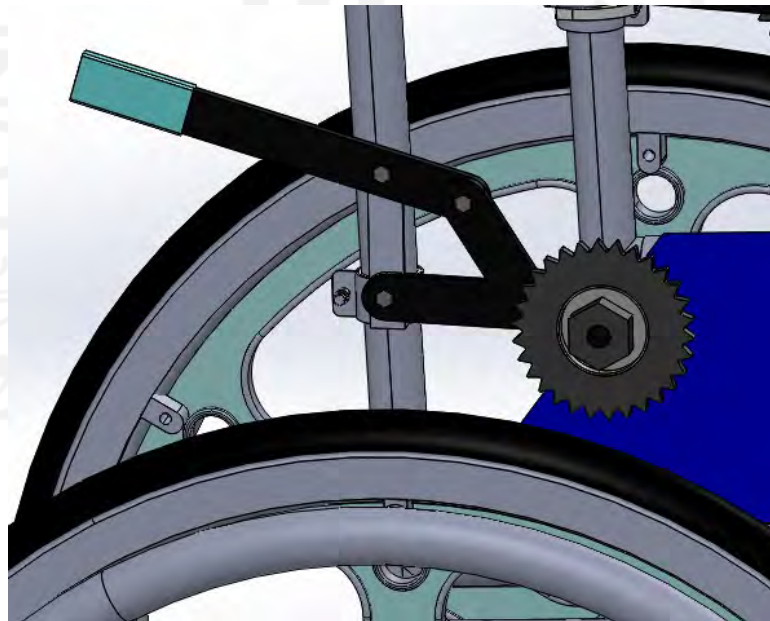
Gambar 4.13 Tampak Dekat

Gambar 4.14 merupakan tampak desain dari atas.



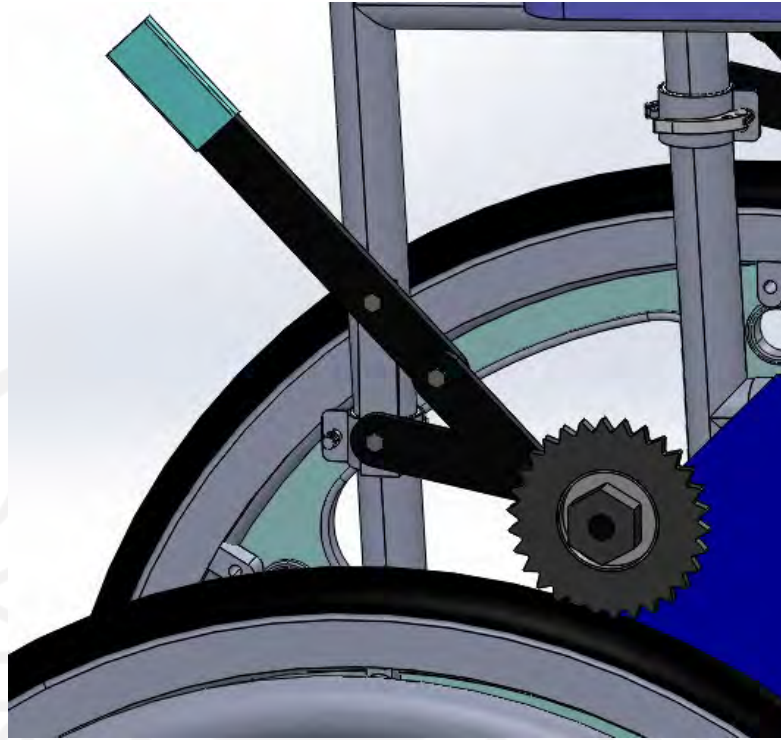
Gambar 4.14 Tampak Atas

Posisi tidak aktif pada desain dapat dilihat pada gambar 4.15.



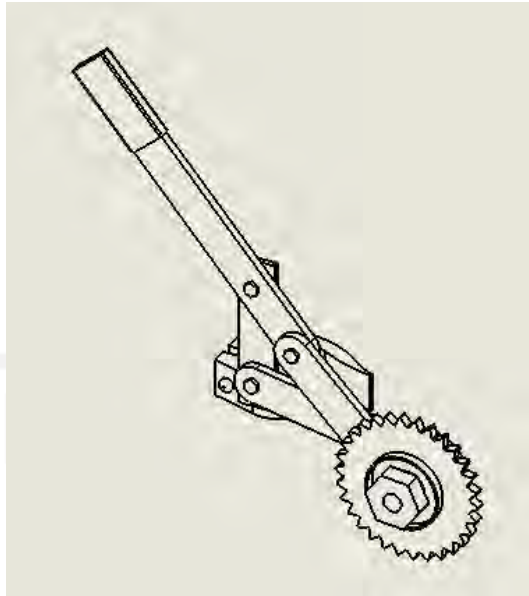
Gambar 4.15 Desain *Off*

Posisi aktif pada desain dapat dilihat pada gambar 4.16.



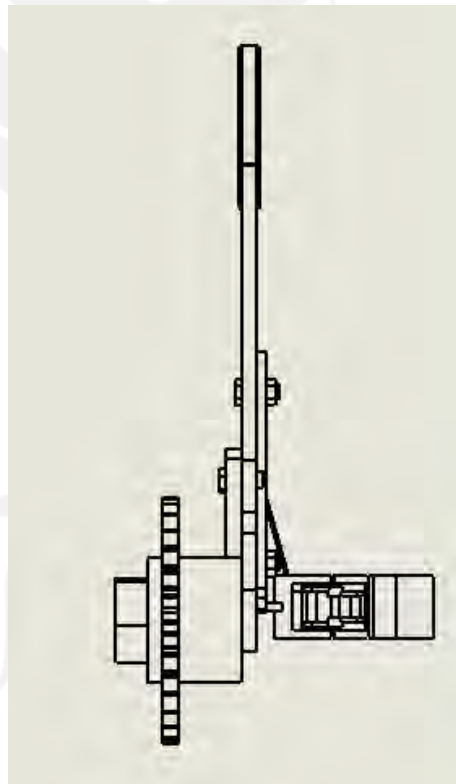
Gambar 4.16 Desain On

Pada desain ini, alat yang dipakai adalah *clamp saddle*, *gear* sepeda, dan *one way bearing*. *Toggle clamp* tidak lagi dipakai pada desain ini karena sudah digantikan dengan langsung memakai kekuatan dari plat besi sebagai pengatur aktif maupun non-aktifnya. Alat tersebut disatukan dengan perantara plat besi dengan menggunakan mesin las. *Clamp saddle* dan *one way bearing* memiliki fungsi yang sama seperti desain sebelumnya. Adanya penambahan *gear* yang dipasang pada bagian luar *one way bearing* yang berguna untuk mencengkram karet ban sehingga cengkraman yang dilakukan jauh lebih kuat dari sebelumnya. Proses perancangan dilanjutkan ke modifikasi basis. Gambar teknik dari desain yang baru dapat dilihat pada gambar 4.17.



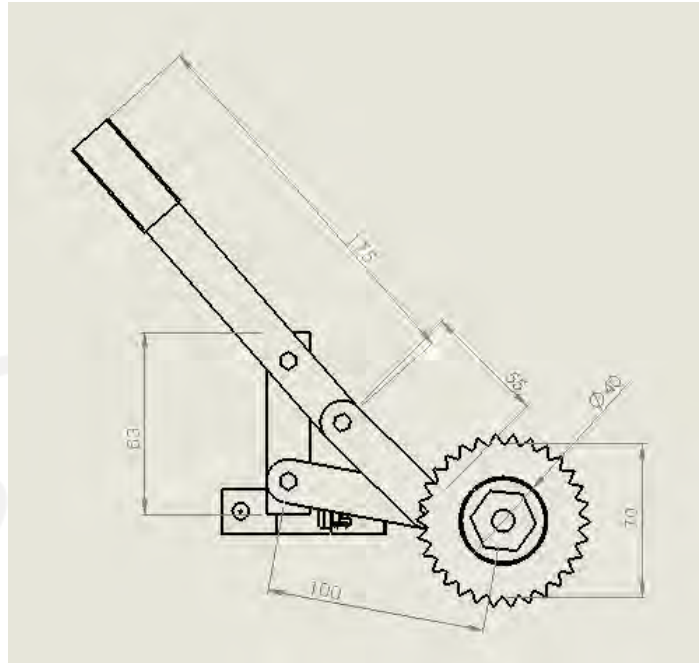
Gambar 4.17 Gambar Teknik

Tampak depan gambar teknik dapat dilihat pada gambar 4.18



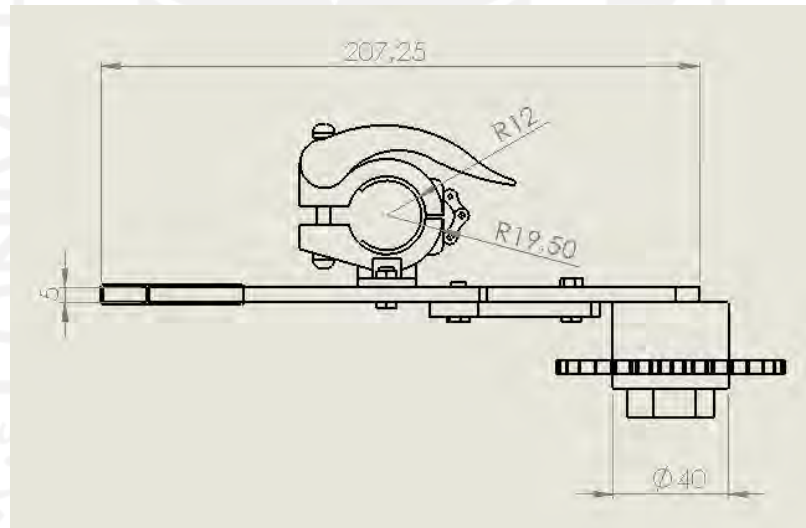
Gambar 4.18 Tampak Depan

Tampak samping gambar teknik serta dimensi dari alat dapat dilihat pada gambar 4.19.



Gambar 4.19 Tampak Samping

Tampak atas gambar teknik serta dimensi dari alat dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20 Tampak Atas

Gambar teknik lengkap dari desain alat ini dapat dilihat pada bagian lampiran.

4.6 Analisis Kekuatan Alat

Analisis kekuatan alat bertujuan untuk memastikan bahwa mekanisme dari desain serta pemilihan bahan dapat bekerja sesuai dengan keinginan sehingga dapat

dibuat produk aslinya. Analisis kekuatan alat dilakukan dengan menggunakan fitur *Simulation* pada *Solidworks* 2018. Analisis dilakukan dengan menentukan *Alloy Steel* sebagai bahannya dan beban yang diberikan adalah total 80 kg yang dibagi pada kedua alat sehingga tiap alat menerima beban 40kg yang kemudian dapat ditentukan beban pasti yang diterima masing-masing alat pada perhitungan berikut.

$$\sum x = 0$$

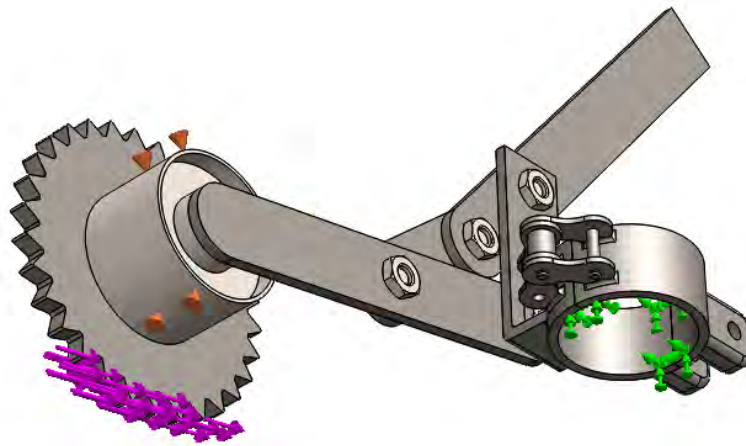
$$-w \times \sin 14.3^\circ + N = 0$$

$$N = w \times \sin 14.3^\circ$$

$$N = m \times g \times \sin 14.3^\circ$$

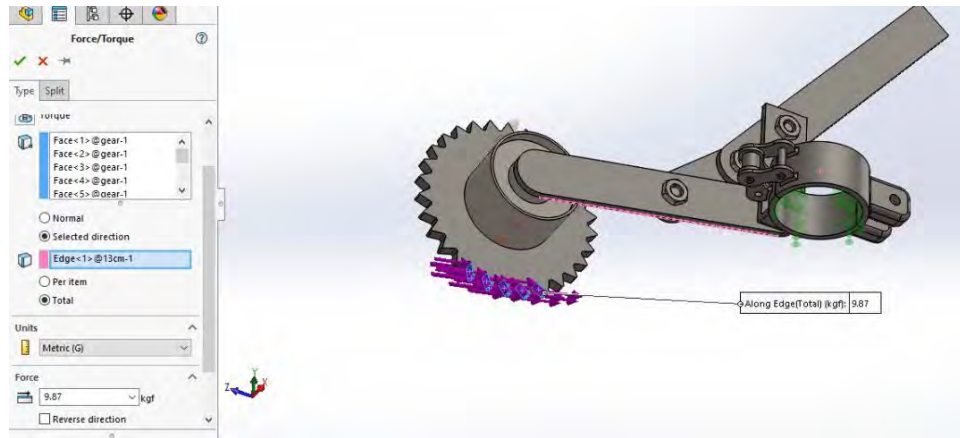
$$N = 40 \times 10 \times 0.24202 = 96.808N = 9.87kgf$$

Maka beban yang diberikan pada tiap-tiap alat adalah 9.87kgf. Seperti pada gambar 4.21 yang ditunjukkan dengan panah berwarna ungu dan untuk *fixed point* atau titik yang tidak bergerak dan menjadi tumpuan atau menjadi *ground* ditunjukkan dengan panah berwarna hijau.



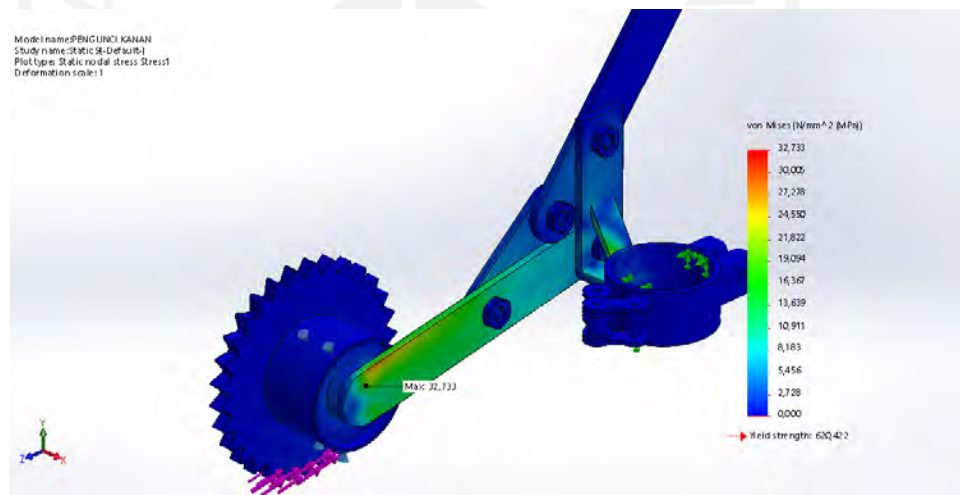
Gambar 4.21 Arah Beban

Tampilan untuk mengatur arah gaya serta titik tumpuan beban dapat dilihat pada gambar 4.22.



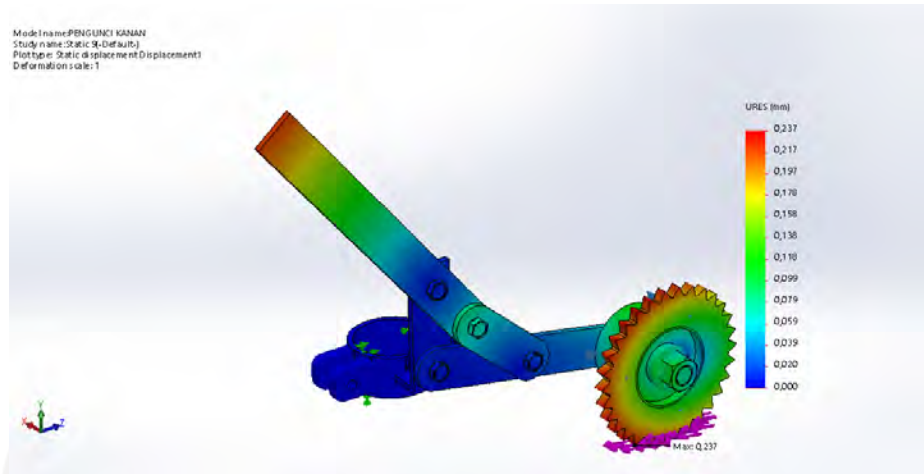
Gambar 4.22 Detail Beban

Analisis pertama yang dilakukan adalah *stress* yang dapat dilihat pada gambar 4.23.



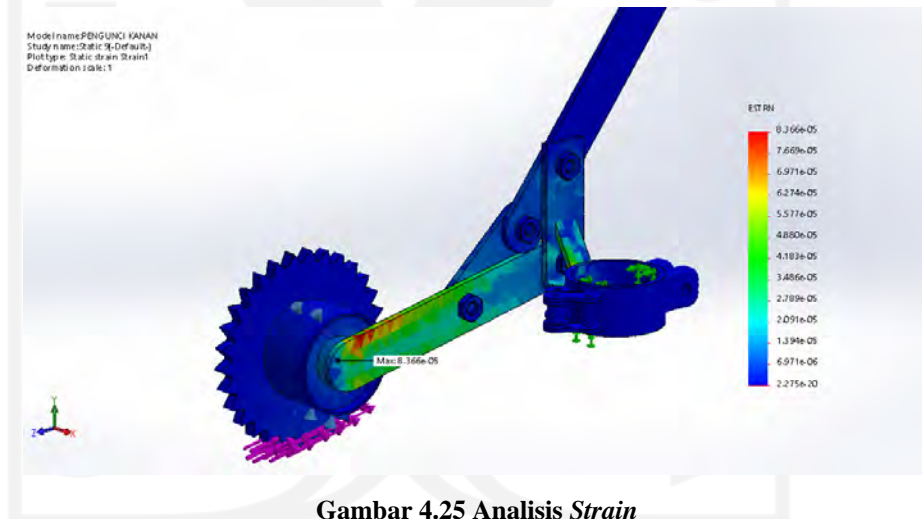
Gambar 4.23 Analisis Stress

Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa keseluruhan warna yang ada pada desain memiliki nilai seperti yang terlihat pada *legend* dan menunjukkan bahwa desain sudah aman. Analisis yang selanjutnya adalah *displacement* yang dapat dilihat pada gambar 4.24.



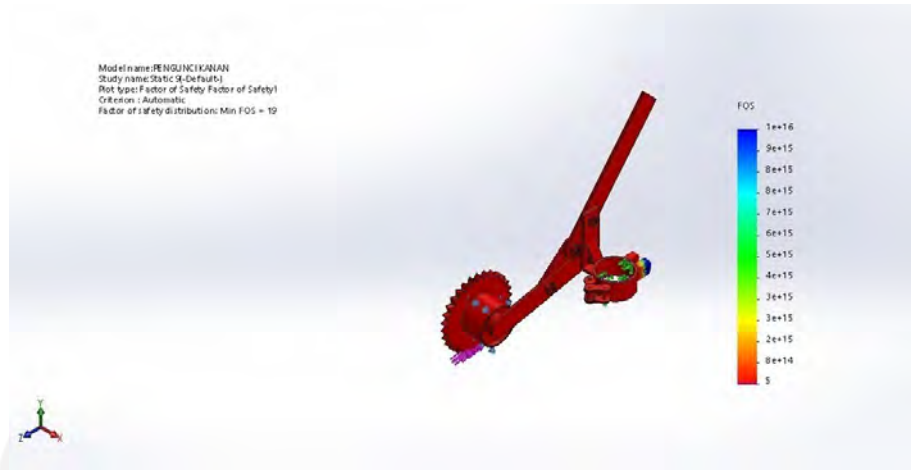
Gambar 4.24 Analisis Displacement

Dari gambar dapat dilihat bahwa nilai yang paling tinggi adalah 0,237mm yang dimana angka tersebut tergolong aman bagi keseluruhan alat. Analisis yang selanjutnya adalah *strain* yang dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Analisis Strain

Pada analisis *strain*, hasil keseluruhan juga menunjukkan warna hijau dan biru yang menunjukkan bahwa alat tersebut aman. Analisis yang selanjutnya adalah *factor of safety* yang dapat dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Factor of Safety

Dari gambar dapat dilihat bahwa keseluruhan desain memiliki *factor of safety* 19 yang menunjukkan bahwa desain dan pemilihan bahan sudah sesuai dan alat telah mampu menahan beban yang diberikan. Ada beberapa bagian yang memiliki *factor of safety* 19 yang dimana hasil tersebut juga menunjukkan bahwa alat ini aman. Keseluruhan data dari analisis kekuatan material dapat dilihat pada bagian lampiran.

4.7 Modifikasi Basis

Setelah desain baru didapatkan, proses modifikasi basis kembali dilakukan di bengkel las. Dengan menggunakan bahan yang ada di bengkel las, didapatkan produk seperti pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Basis Baru

Tampak dari atas produk dapat dilihat pada gambar 4.28.



Gambar 4.28 Tampak Belakang

Pada desain terbaru, *toggle clamp* tidak lagi digunakan. Basis terdiri dari *clamp saddle*, *bearing*, dan *gear* sepeda yang digabungkan dengan menggunakan plat besi dan selang biru digunakan sebagai pengaman *handle*. Proses selanjutnya yang dilakukan adalah pembuatan kover.

4.8 Pembuatan Kover

Proses selanjutnya yang dilakukan pada penelitian ini adalah pembuatan kover. Pembuatan kover dilakukan dengan melakukan pemetaan pada produk asli kemudian dibuat dengan menggunakan *3D Printing*. Dalam pembuatan kover, terdapat beberapa hal yang harus dipertimbangkan antara lain:

1. *Safety* terhadap pengguna

Desain dirancang dengan memperhatikan gigi yang akan menekan roda selama proses pengereman. Roda gigi yang tajam digunakan untuk mencengkeram ban sehingga dapat menahan posisi kursi roda saat jalan menanjak. Namun hal tersebut juga dapat melukai pengguna kursi roda selama memutar ban dengan menggunakan tangan. Oleh karena itu, desain kover dibuat menutupi sebagian besar roda gigi kecuali pada bagian gigi yang akan mencengkeram ban sehingga melindungi tangan pengguna dari roda gigi yang tajam.

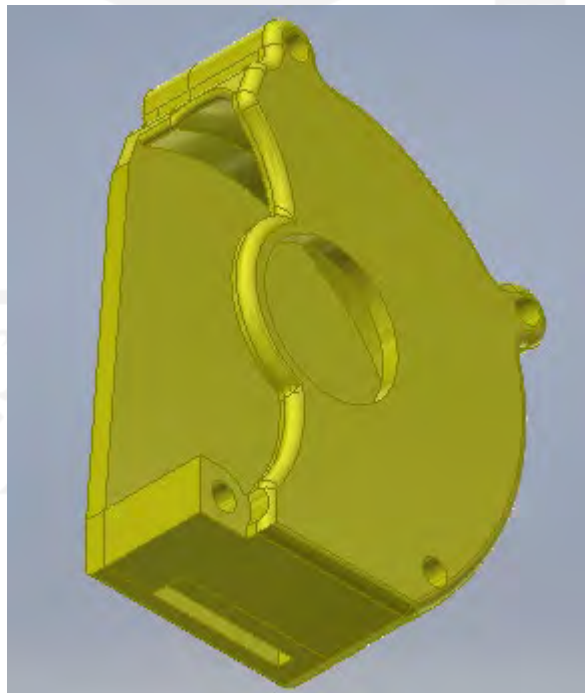
2. Tidak mempersulit saat perbaikan

Yang dijadikan pertimbangan lainnya adalah kover harus mudah untuk dipasang dan dilepas. Dengan mudahnya melepas dan memasang kover, hal ini juga akan mempermudah jika diperlukannya perbaikan pada roda gigi yang mengharuskan untuk melepas roda gigi. Untuk mewujudkan konsep tersebut, penulis memilih menggunakan baut untuk menyambungkan kover. Pemilihan baut dilakukan dengan alasan baut lebih mudah untuk diperoleh dan dapat digunakan secara berulang. Kover didesain dengan sisi terdalamnya berjarak setidaknya ± 5 mm dari ujung roda gigi. Hal ini bertujuan menjaga agar roda gigi tidak menggerus dinding bagian dalam kover.

3. Tidak mempengaruhi proses pengereman

Kover yang digunakan didesain untuk tidak mempengaruhi proses pengereman. Maksudnya adalah perancangan dari kover diupayakan untuk tidak menyebabkan adanya perubahan dari rancang bangun sistem pengereman sehingga tidak mempengaruhi analisis yang dilakukan.

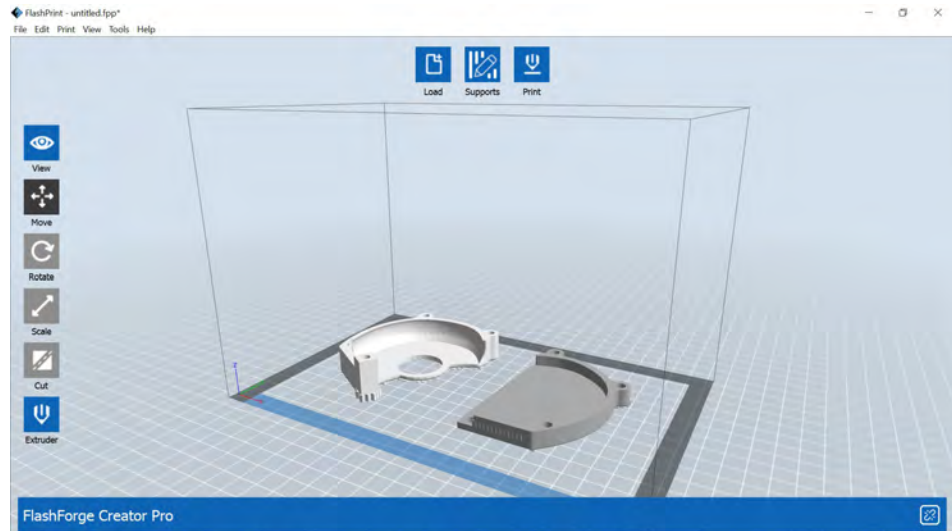
Langkah pertama dari pembuatan kover adalah pembuatan desain kover pada *software Solidworks 2018* seperti pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Desain Kover

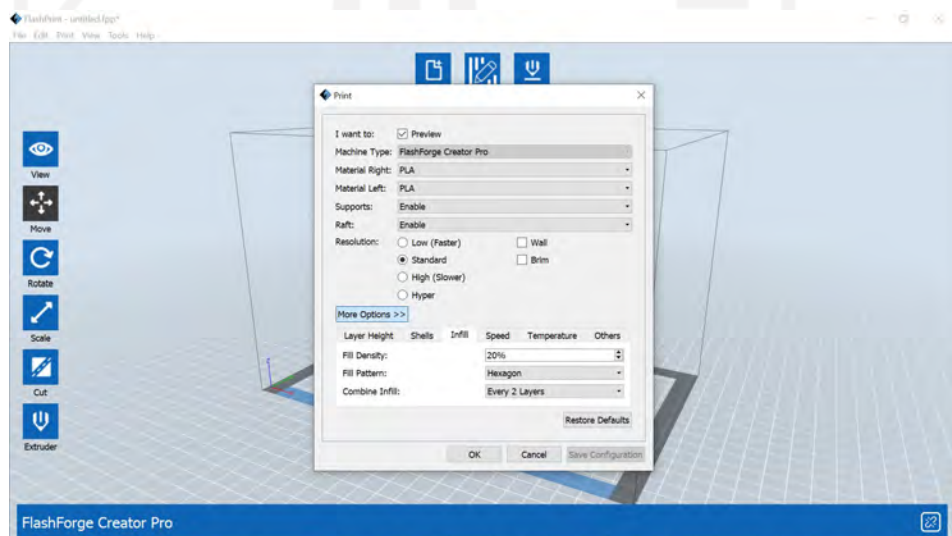
Setelah desain tersebut dibuat, file tersebut dilanjutkan pada *software Flashprint* untuk membuat *G-Code* lalu di-copy ke *memory card* yang nantinya akan dimasukkan ke *3D Printer Flashforge Creator Pro* untuk dibuat.

Langkah pertama dari pembuatan pada *software Flashprint* dapat dilihat pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Flashprint Awal

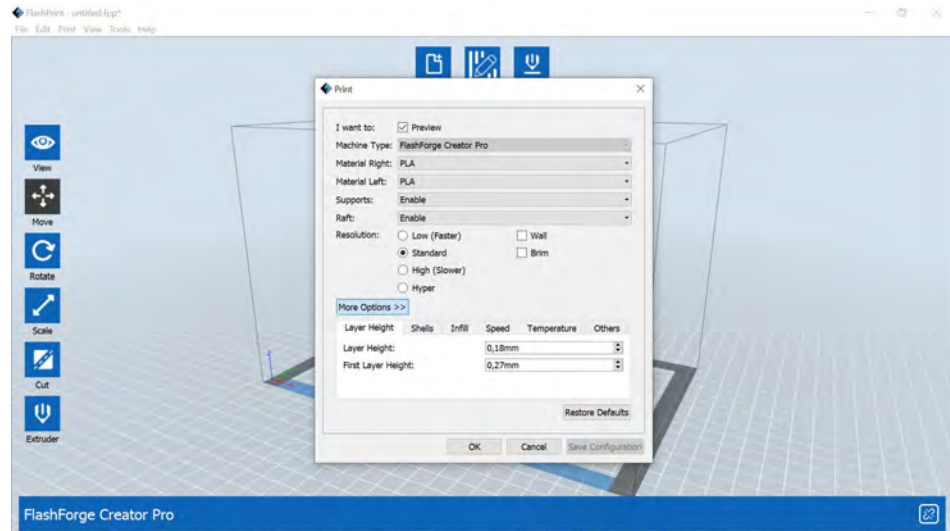
Posisi *print* dilakukan sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 4.30. Hal ini dilakukan dengan upaya untuk meminimalisir kebutuhan *support* yang diperlukan. Proses selanjutnya ditunjukkan pada gambar 4.31.



Gambar 4.31 Pilihan Print

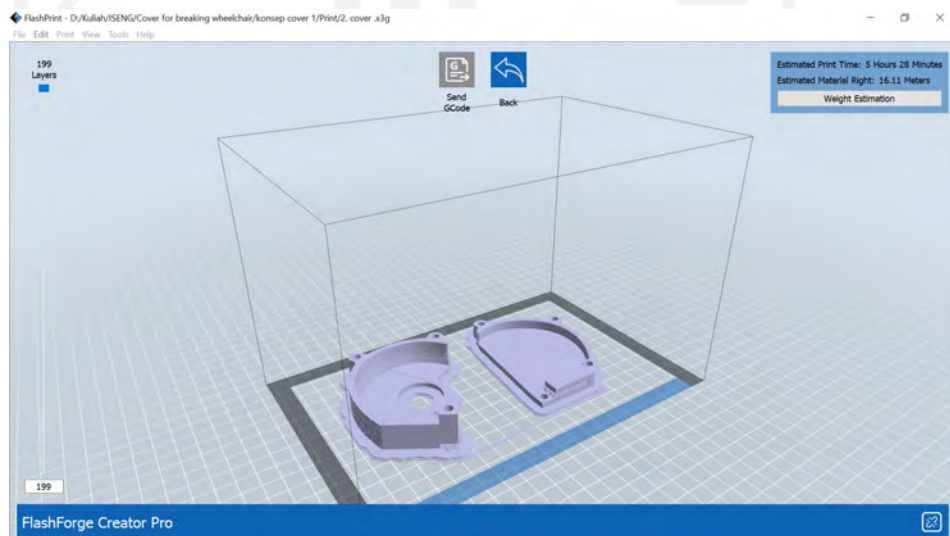
Pembuatan cover dilakukan dengan melakukan proses *printing* dengan *3D Printer Flashforge Creator Pro* yang ada di laboratorium *Training Teknik Mesin*

Universitas Islam Indonesia dan menggunakan filamen dengan material PLA yang tersedia di lab. Proses *printing* menggunakan fitur *Support printing* dapat dilakukan pada bagian kover yang menggantung. Digunakan juga fitur *Raft* agar hasil pembuatan kover dapat dilepas dari *bed 3D printer* dengan mudah. Proses selanjutnya ditunjukkan pada gambar 4.32.



Gambar 4.32 Parameter Print

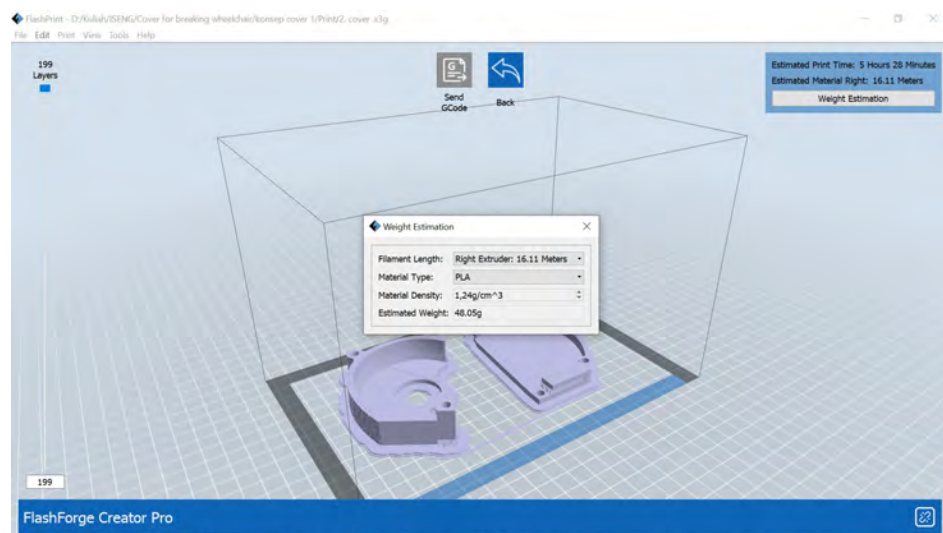
Pemilihan *Infill* sebesar 20% dilakukan dengan tujuan agar hasil *3D printing* tidak terlalu renggang dan tidak terlalu getas. Tinggi *layer* dipilih sedemikian rupa agar kover memiliki kerapatan dan sekaligus tidak kehilangan bentuk asli seperti pada desain. Proses selanjutnya ditunjukkan pada gambar 4.33.



Gambar 4.33 Hasil Flashprint

Proses *printing* dilakukan dengan mesin *3D Printer* dengan memakan waktu \pm 5jam 30 menit dengan menghabiskan filamen sepanjang 16,11 Meter dan

menciptakan estimasi berat senilai 48,05 gram. Proses selanjutnya ditunjukkan pada gambar 4.34.



Gambar 4.34 Flashprint Final

Hasil akhir dari pembuatan kover dapat dilihat pada gambar 4.35.



Gambar 4.35 Kover

Tampilan lebih dekat dari produk dapat dilihat pada gambar 4.36.



Gambar 4.36 Tampilan Dekat

4.9 Pengujian

Pengujian pertama yakni fitur *on/off* telah berhasil dilakukan dengan tanpa kendala pada produk di kedua sisi. Gambar 4.37 adalah tampak rem saat dalam posisi non-aktif.



Gambar 4.37 Posisi Off

Tampilan lebih dekat posisi *off* antara *gear* dengan roda dapat dilihat pada gambar 4.38.



Gambar 4.38 Posisi *Off* Dekat

Gambar 4.39 adalah saat rem dalam keadaan aktif.



Gambar 4.39 Posisi *On*

Tampak lebih dekat saat posisi *on* antara *gear* dengan roda dapat dilihat pada gambar 4.40.



Gambar 4.40 Posisi On Dekat

Pada pengujian *on/off* ini, saat rem otomatis sedang dalam kondisi aktif, kursi roda tidak dapat berjalan kebelakang namun tetap dapat berjalan kedepan. Saat rem otomatis dalam kondisi tidak aktif, kursi roda dapat berjalan kebelakang maupun kedepan. Oleh karena itu, fungsi rem otomatis yang dapat diaktifkan maupun dinon-aktifkan dapat diatur sesuai dengan keinginan pengguna.

Pengujian kedua yang dilakukan adalah pengujian kekuatan pengereman. Pengujian ini dilakukan pada parkir FIAI yang memiliki sudut kemiringan 14.3° . Tampak kursi roda dengan pengguna saat sedang berada di lokasi miring dapat dilihat pada gambar 4.41.



Gambar 4.41 Pengujian di Parkiran FIAI

Pada pengujian ini, sistem pengereman telah mampu menahan beban pengguna seberat 80kg saat sedang berada pada posisi miring 14.3°. Oleh karena itu, alat pun dapat berfungsi sesuai dengan keinginan.

Pengujian terakhir yang dilakukan adalah penghitungan waktu untuk melepas dan memasang alat. Batas dari penghitungan waktu pada pengujian ini adalah saat alat hendak dipasang pada kursi roda hingga alat terpasang dengan sempurna yang ditandai dengan penutupan tuas yang terdapat pada *clamp saddle*. Pegujian dilakukan sebanyak 3 kali yang hasilnya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Waktu Pasang dan Lepas Alat

Percobaan	Waktu Pasang per Alat (detik)	Waktu Lepas per Alat (detik)
1	23	11
2	20	8
3	19	8
4	18	9
5	18	7
6	19	7
7	17	8
8	20	8
9	19	7
10	19	7
Rata-rata	19	8

Berdasarkan pengujian tersebut, didapat rata-rata waktu untuk memasang per alat adalah 19 detik dan waktu untuk melepas alat adalah 8 detik.

4.10 Pembahasan

Berdasarkan proses perancangan yang telah dilakukan, produk pengereman otomatis telah bekerja sesuai dengan keinginan dan juga telah memenuhi seluruh kriteria desain yang ditetapkan. Seluruh proses pembuatan desain telah berjalan dengan lancar serta terealisasikan dengan baik.

Pada pengujian fitur *on/off*, produk sudah dapat diaktifkan maupun dinon-aktifkan sesuai dengan keinginan. Pada keadaan non-aktif, fitur pengereman tidak

bekerja dan dapat berjalan maju maupun mundur. Fitur *off* digunakan saat berada dalam bidang yang rata dengan kegunaan agar ban tidak digunakan sehingga umur sistem pengereman dapat bertahan lebih lama. Pada keadaan aktif, fitur pengereman bekerja saat berjalan mundur dan saat berjalan kedepan dapat jalan seperti biasa.

Pada pengujian sistem pengereman di jalan tanjakan, rem otomatis sudah dapat menahan beban pengguna dengan berat 80kg pada bidang miring 14.3° . Pada pengujian selanjutnya penghitungan waktu untuk memasang dan melepas per alat, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memasang per alat pada kursi roda adalah 19 detik sedangkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melepas per alat adalah 8 detik.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah:

1. Sudah berhasil dibuat mekanisme pengereman otomatis pada kursi roda manual *Husada 875* yang dapat bekerja sesuai dengan keinginan dan dapat diaktifkan maupun dinon-aktifkan.
2. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, pengereman otomatis mampu menahan beban pengguna seberat 80kg pada kemiringan 14.3°.
3. Alat dapat dilepas dan dipasang secara mandiri oleh pengguna saat sedang berada di kursi roda dengan rata-rata waktu 19 detik untuk memasang dan 8 detik untuk melepas.

5.2 Saran untuk Penelitian Selanjutnya

Ada banyak hal yang dapat dikembangkan maupun diperbaiki pada penelitian ini, namun karena keterbatasan waktu dan juga dana maka tidak dapat dilakukan. Saran penulis untuk penelitian serupa selanjutnya adalah:

1. Penyempurnaan mekanisme pengereman agar roda bisa lebih awet.
2. Pendalaman ilmu saat awal proses perancangan agar tidak perlu melakukan modifikasi alat.
3. Penyempurnaan fabrikasi alat agar tampilan dari produk lebih enak dipandang.

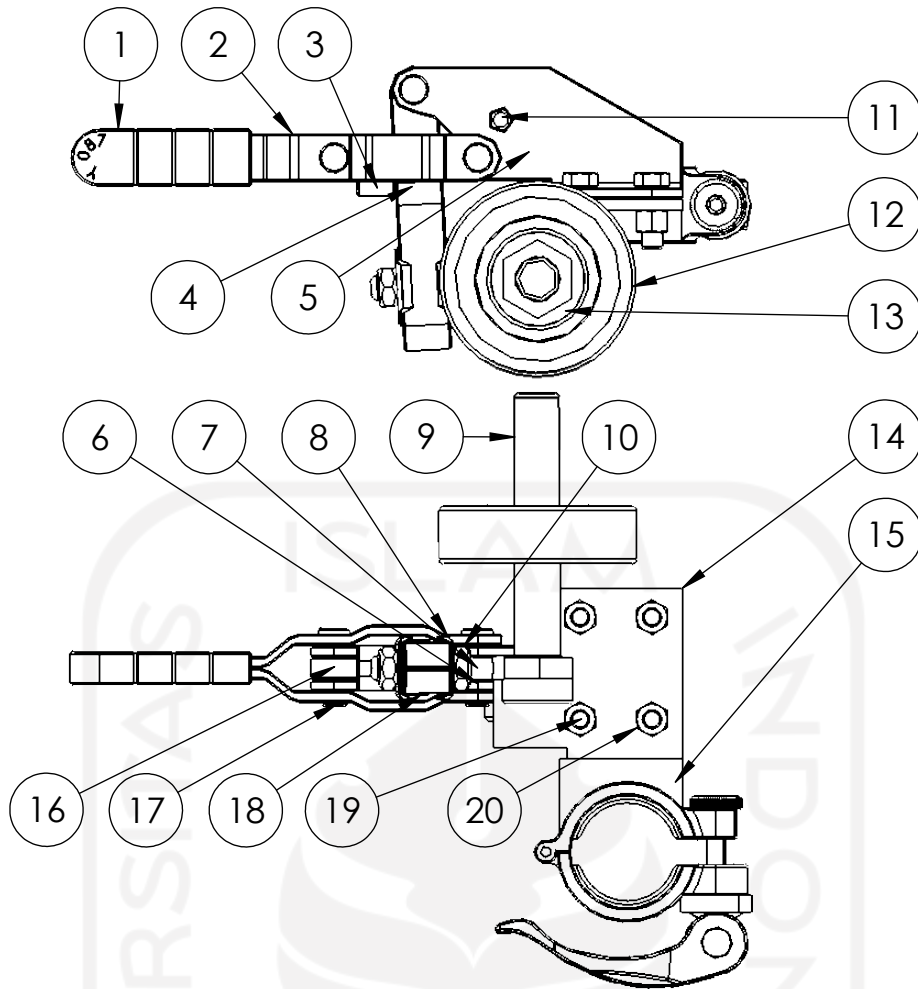
DAFTAR PUSTAKA

- Abrianto, D. A. (2012). *KONTROL KURSI RODA CERDAS MENGGUNAKAN PERGERAKAN KEPALA*. Semarang: UNDIP.
- Alhadi, S. (2018). *Design Optimization and Structural Analysis Of Electric Powered Standing Wheelchair Using Linear Motor Movement Systems For Disabled People In Indonesia*. Yogyakarta: UII.
- Excell, J. (2013). *The Rise of Additive Manufacturing*. The Engineer.
- Harsokoesoemo, H. D. (2004). *Pengantar Perancangan Teknik*. Bandung: ITB.
- Hermawan, S. (2012). *Studi Karakteristik Hidrodinamika pada Silinder Bearing dengan Permukaan Slip dan/atau Permukaan Bertekstur*. Semarang: UNDIP.
- Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (1998). Jakarta.
- Maxwell, J. C. (1995). *Developing The Leaders Around You: How to Help Other Reach Their Full Potential*. USA: Sae International, Inc.
- McKeough, D. M. (2013). *Anatomy of a Manual Wheelchair*.
- Pulat, B. M. (1992). *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. Prentice Hall: Englewood Cliffs, N.J.
- Yakub. (2012). *Pengantar Sistem Informasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

LAMPIRAN

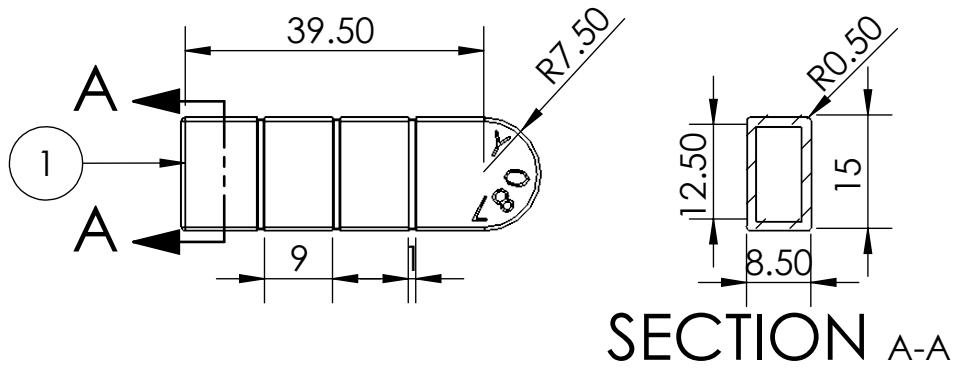
Lampiran terdiri dari Gambar Teknik Desain Awal, Gambar Teknik Desain Baru, dan File SolidWorks.



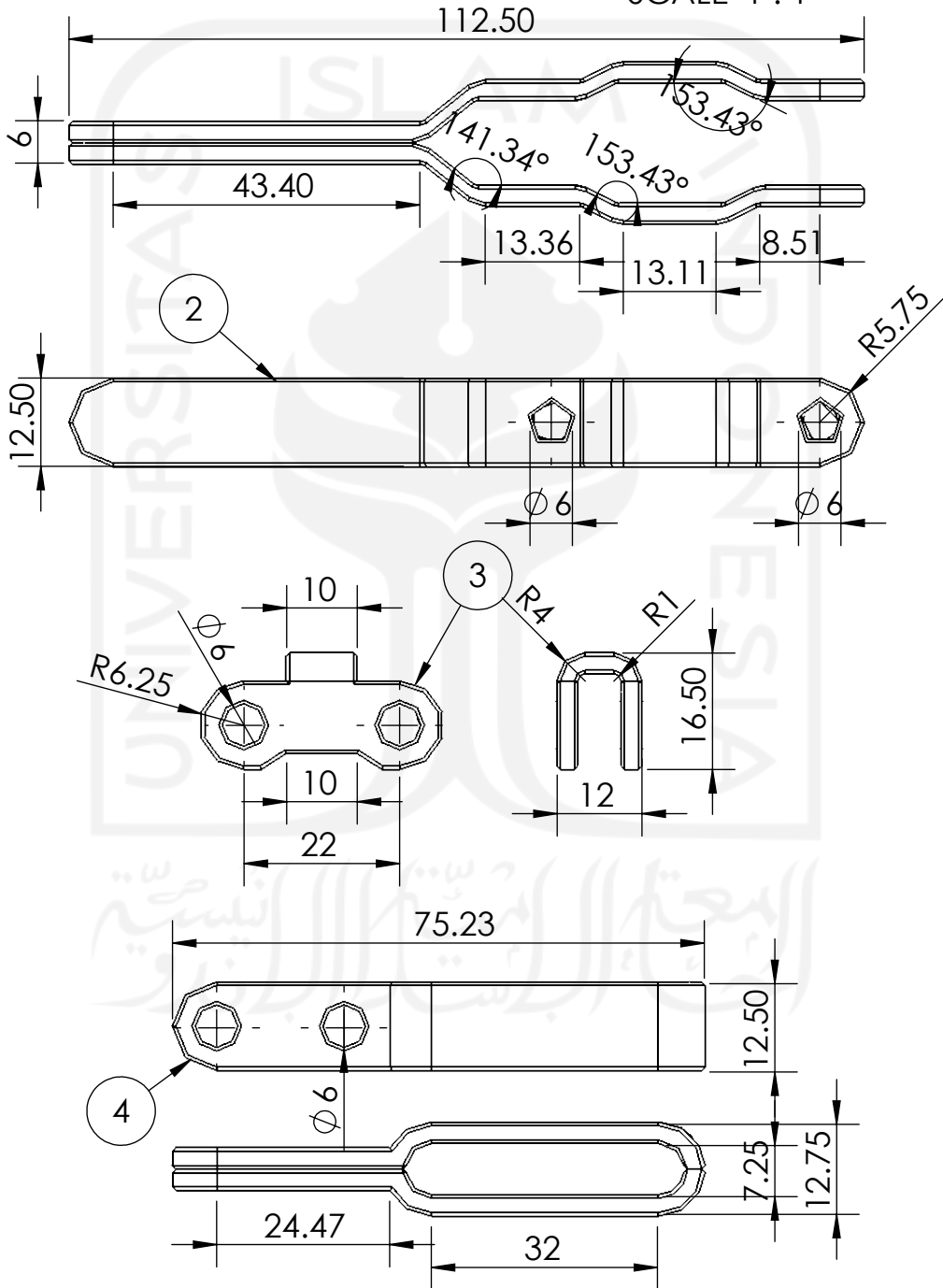


20	4	Nut M5	Steel		
19	4	Bolt M5	Steel		
18	2	Pin 2	SS		
17	2	Pin 1	SS		
16	1	Spacer	Alumunium		
15	1	Clamps	Steel		
14	1	Bracket	Steel		
13	1	Insert Bearing	SS		
12	1	Radial Ball Bearing	SS		
11	1	Stopper Pin	Steel		
10	2	Nut M5	Steel		
9	1	Socketed Head	Steel		
8	2	Clamping Washer	Steel		
7	1	Clamp Screw	Steel		
6	1	Base Link 2	Steell		
5	1	Base Link 1	Steel		
4	1	Clamp Link	Steel		
3	1	Intermidiate Link	Steel		
2	1	Handle Link	Steel		
1	1	Hand Grip	Ruber		
No	Jumlah	Nama Bagian	Material	Normalisasi	Keterangan

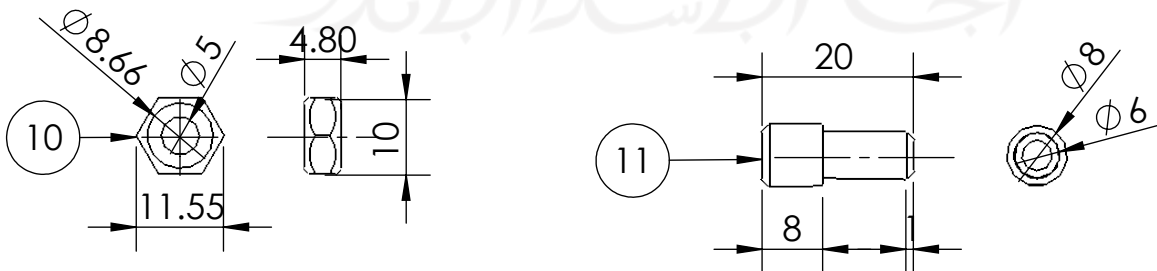
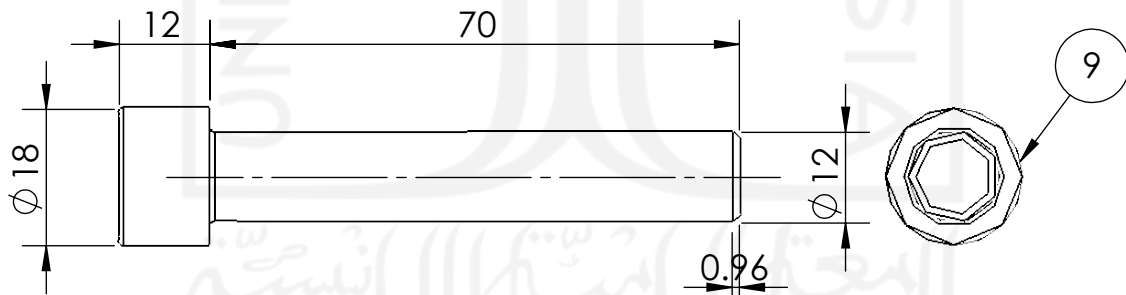
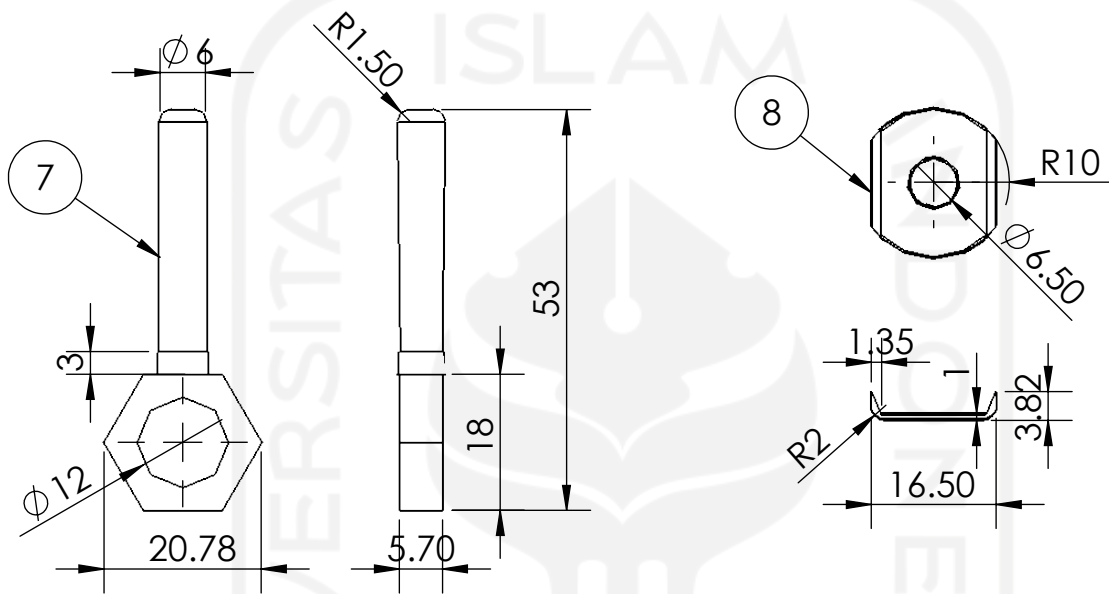
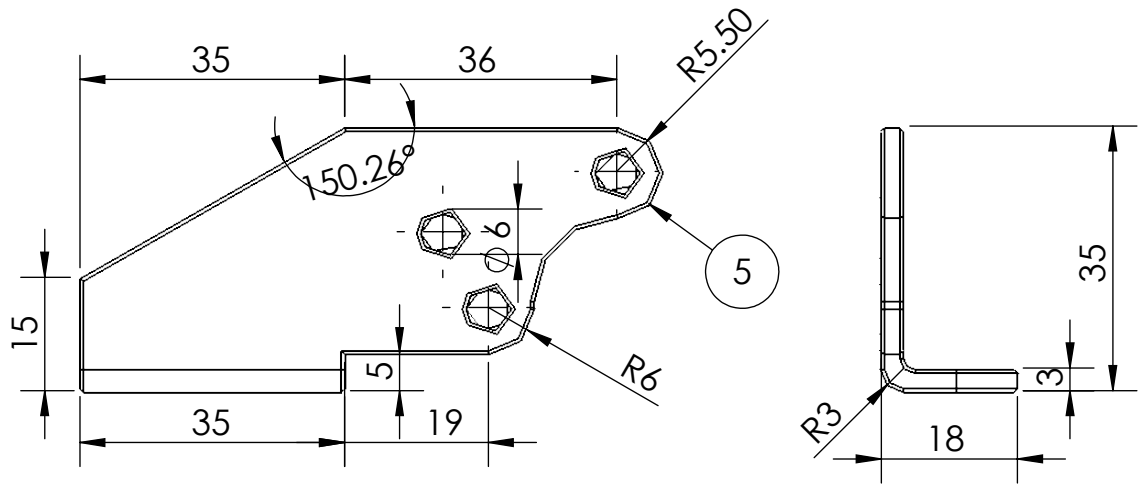
	Skala : 1:2	Nama : Chandra Nugraha	Keterangan :	
	Satuan Ukur : mm	NIM : 15525073		
	Tanggal : 25 Juni 2021	Diperiksa :		
Teknik Mesin - U11	Alat Pengerem Kursi Roda 2		No. 02	A4



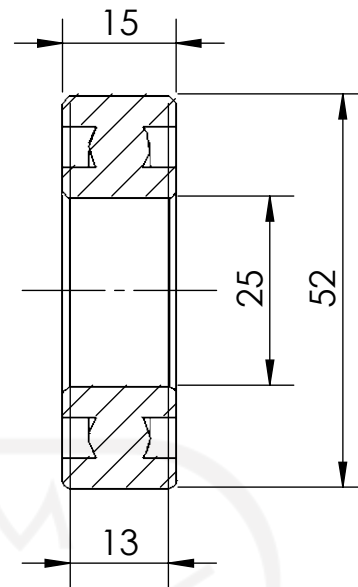
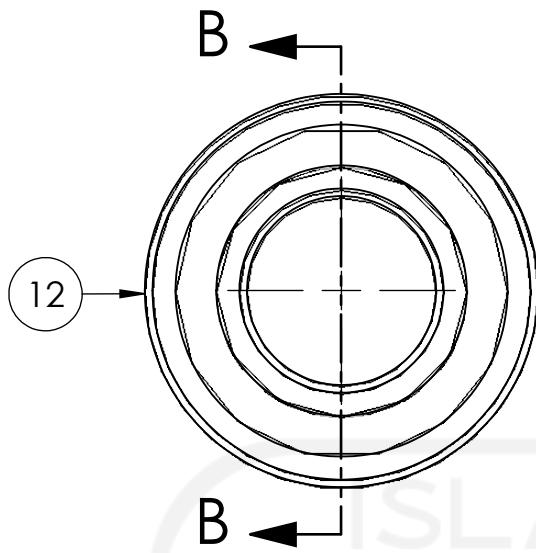
SCALE 1 : 1



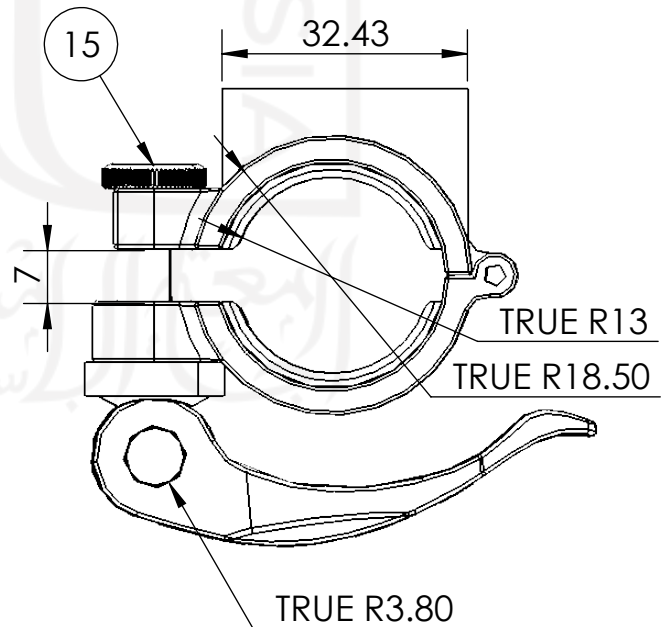
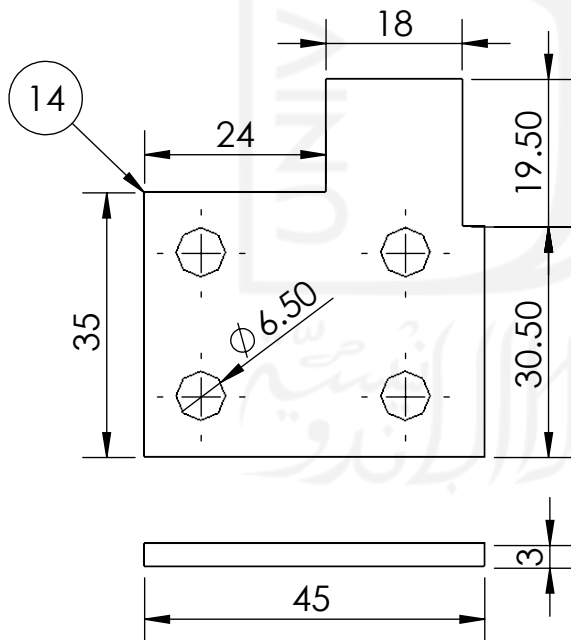
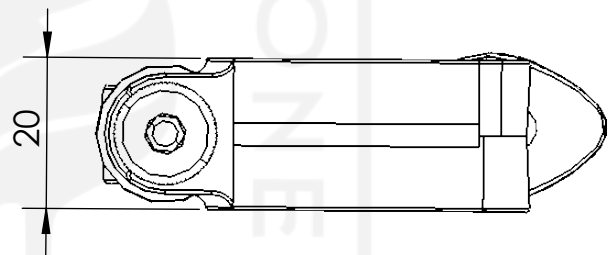
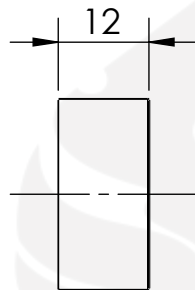
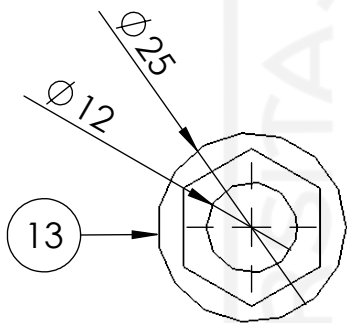
	Skala : 1:1	Nama : Chandra Nugraha	Keterangan :	
	Satuan Ukur : mm	NIM : 15525073		
	Tanggal : 25 Juni 2021	Diperiksa :		
Teknik Mesin - U11	2D Drawing Part 1 - 4		No. 02	A4



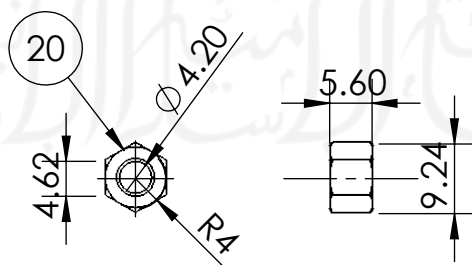
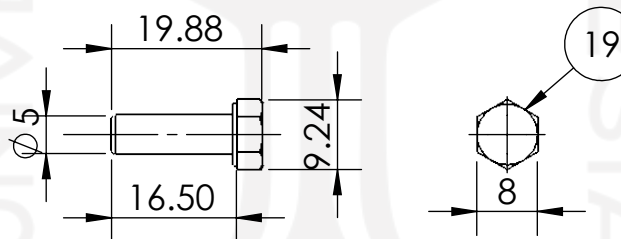
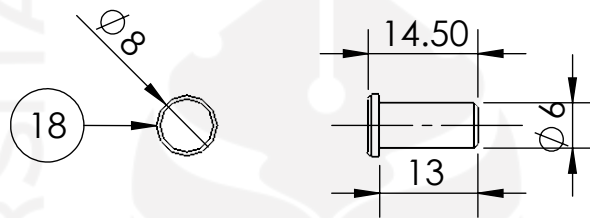
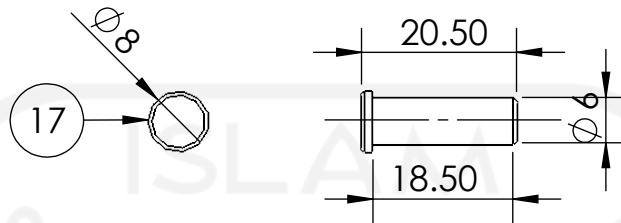
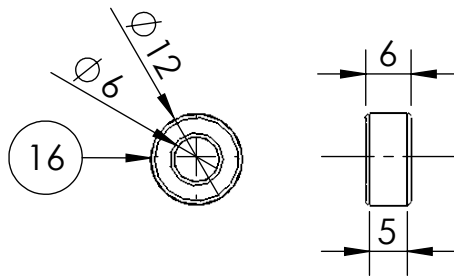
	Skala : 1:1	Nama : Chandra Nugraha	Keterangan :	
	Satuan Ukur : mm	NIM : 15525073		
	Tanggal : 25 Juni 2021	Diperiksa :		
Teknik Mesin - U11	2D Drawing Part 5 - 11		No. 02	A4



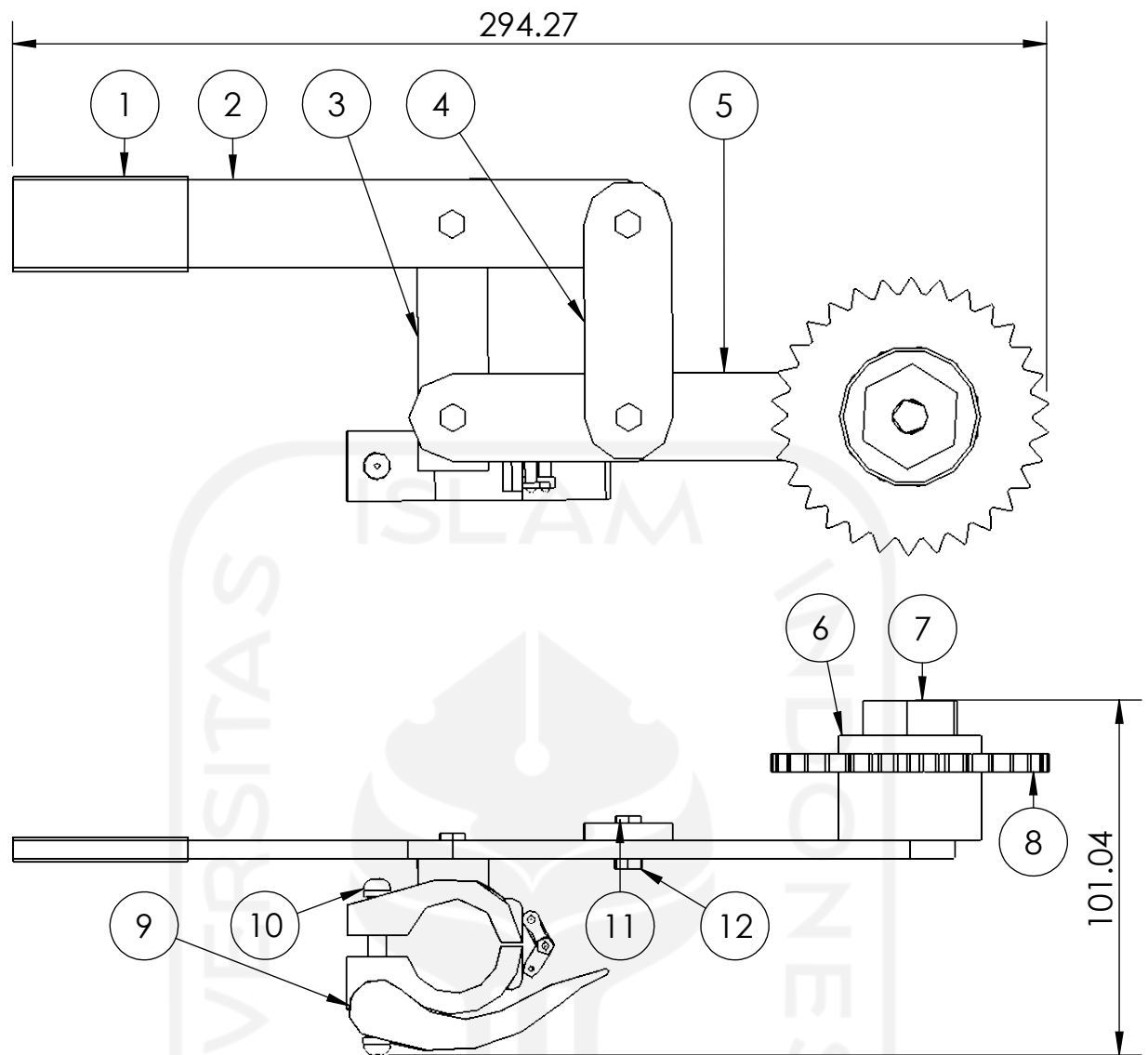
SECTION B-B



	Skala : 1:1	Nama : Chandra Nugraha	Keterangan :	
	Satuan Ukur : mm	NIM : 15525073		
	Tanggal : 25 Juni 2021	Diperiksa :		
Teknik Mesin - U11	2D Drawing Part 12 - 15		No. 02	A4

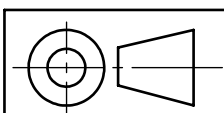
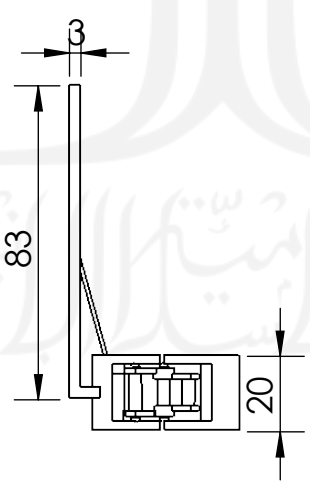
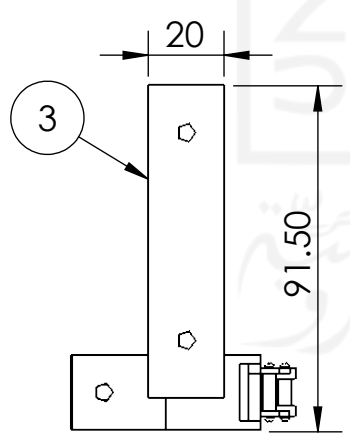
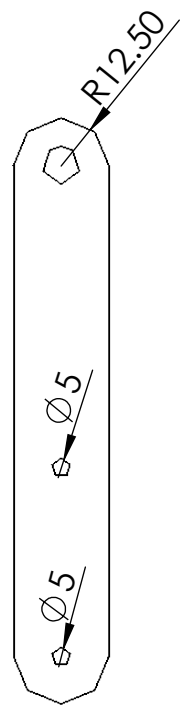
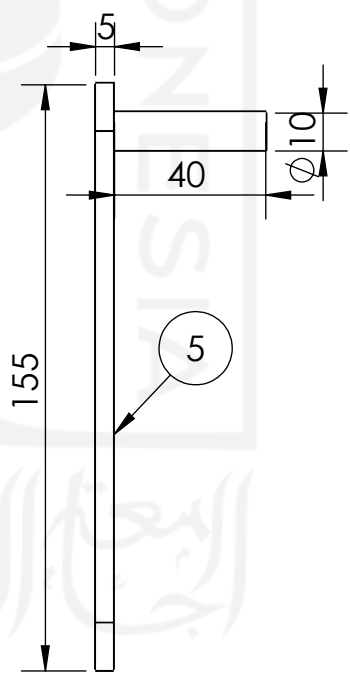
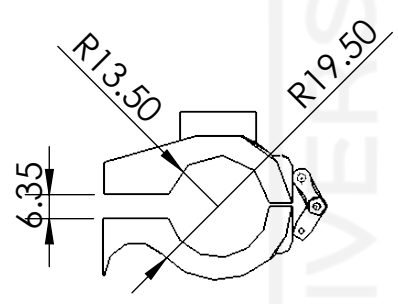
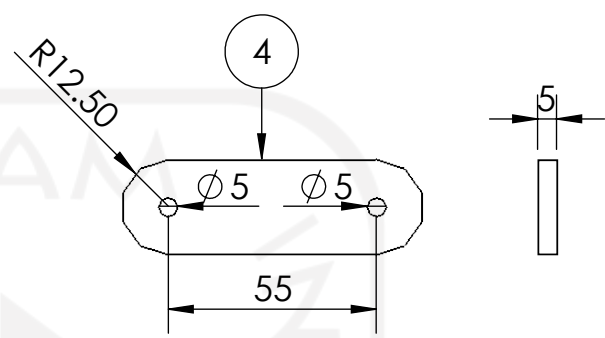
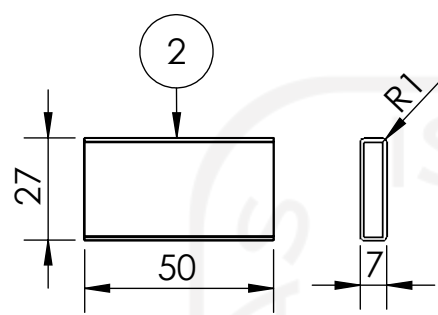
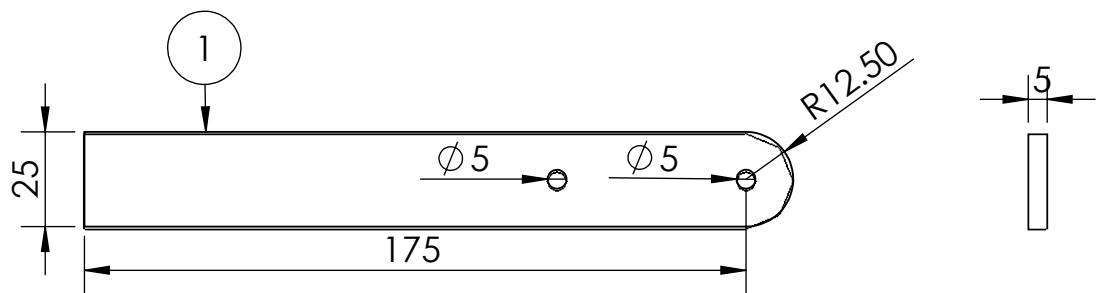


	Skala : 1:1	Nama : Chandra Nugraha	Keterangan :	
	Satuan Ukur : mm	NIM : 15525073		
	Tanggal : 25 Juni 2021	Diperiksa :		
Teknik Mesin - U11	2D Drawing Part 16 - 20		No. 02	A4

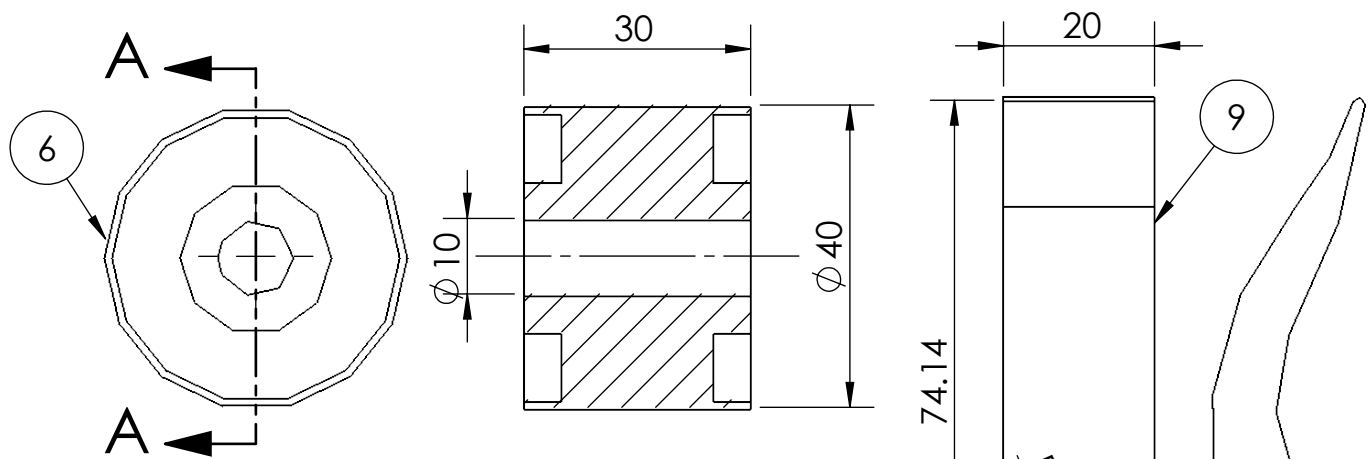


12	4	Mur M5	Steel		
11	4	Baut M5	Steel		
10	1	Pin Clamps	Steel		
9	1	Kunci Clamps	Steel		
8	1	Gear	Steel		
7	1	Mur M10	Steel		
6	1	Bearing	Steel		
5	1	Batang C	Steel		
4	1	Batang B	Steel		
3	1	Clamps	Steel		
2	1	Batang A	Steel		
1	1	Hand Grip	Rubber		
No	Jumlah	Nama Bagian	Material	Normalisasi	Keterangan

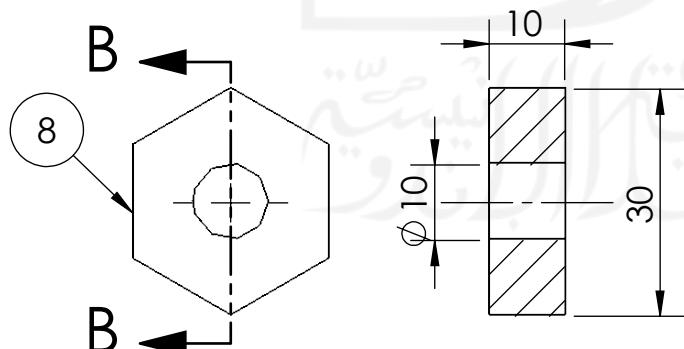
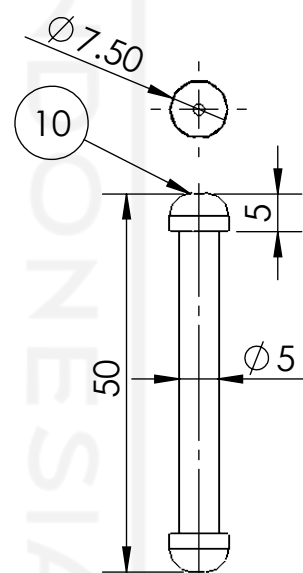
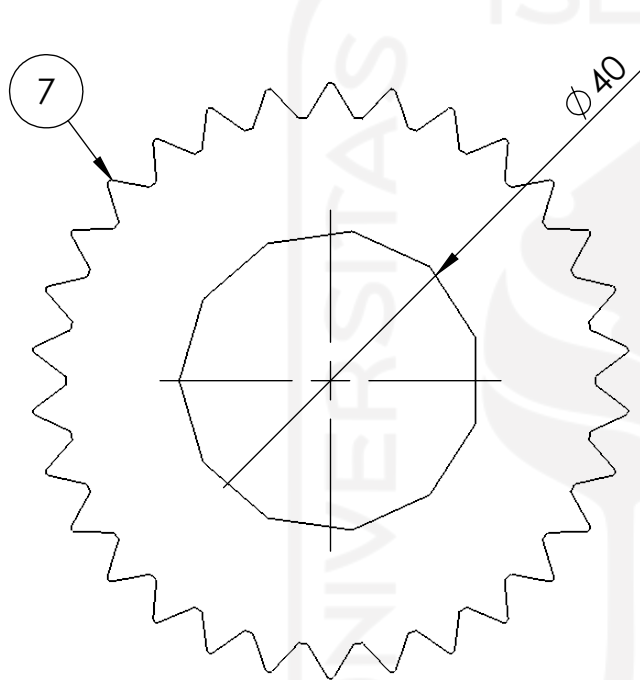
	Skala : 1:2	Nama : Chandra Nugraha	Keterangan :	
	Satuan Ukur : mm	NIM : 15525073		
	Tanggal : 25 Juni 2021	Diperiksa :		
Teknik Mesin - U11	Alat Pengerem Kursi Roda		No. 01	A4



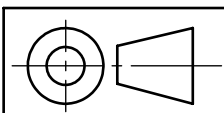
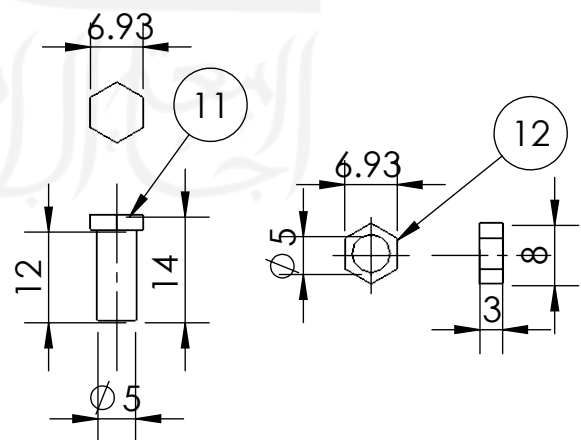
Skala : 1:2	Nama : Chandra Nugraha	Keterangan :
Satuan Ukur : mm	NIM : 15525073	
Tanggal : 25 Juni 2021	Diperiksa :	



SECTION A-A



SECTION B-B



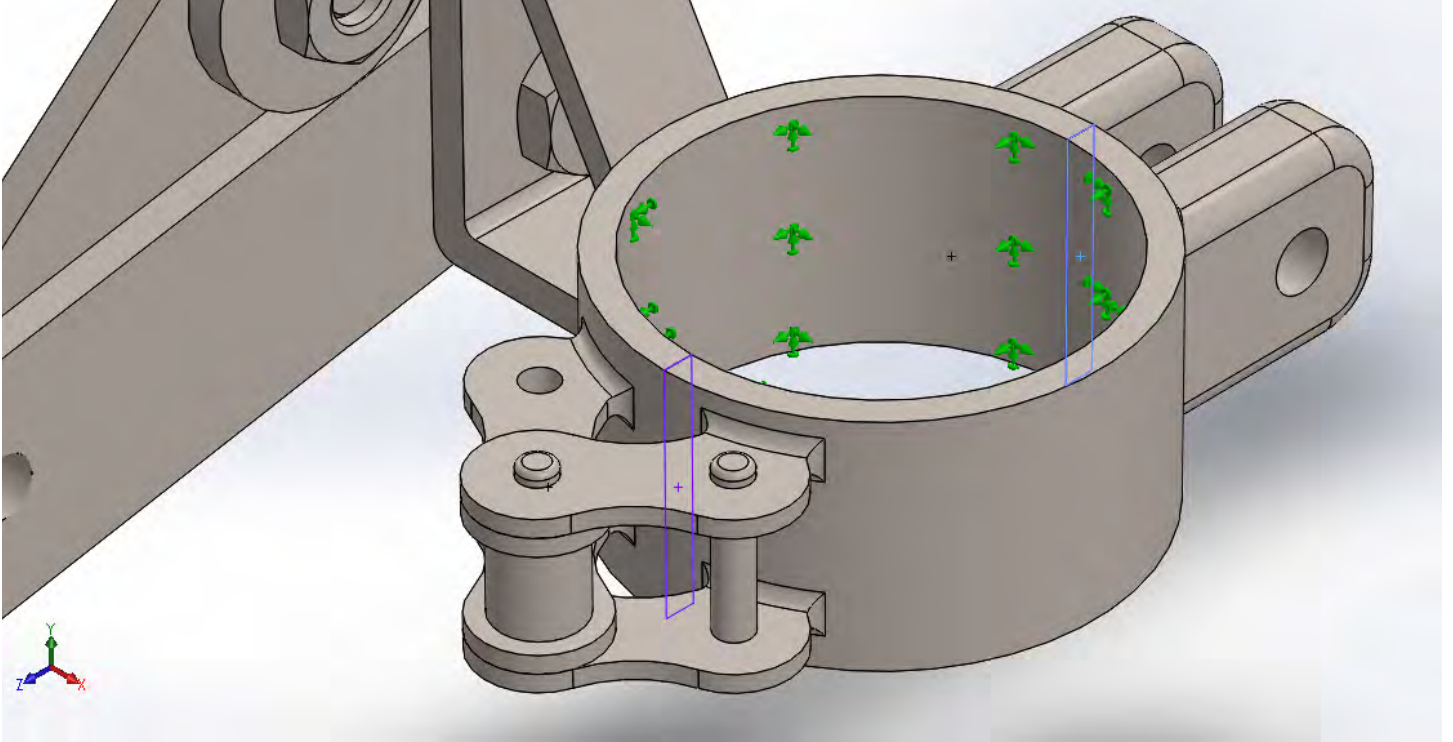
Skala : 1:1
 Satuan Ukur : mm
 Tanggal : 25 Juni 2021

Nama : Chandra Nugraha
 NIM : 15525073
 Diperiksa :

Keterangan :

[Company Name]
[Company Address Line 1]
[Company Address Line 2]
[Company Phone]
[Company Fax]
[Company Email]

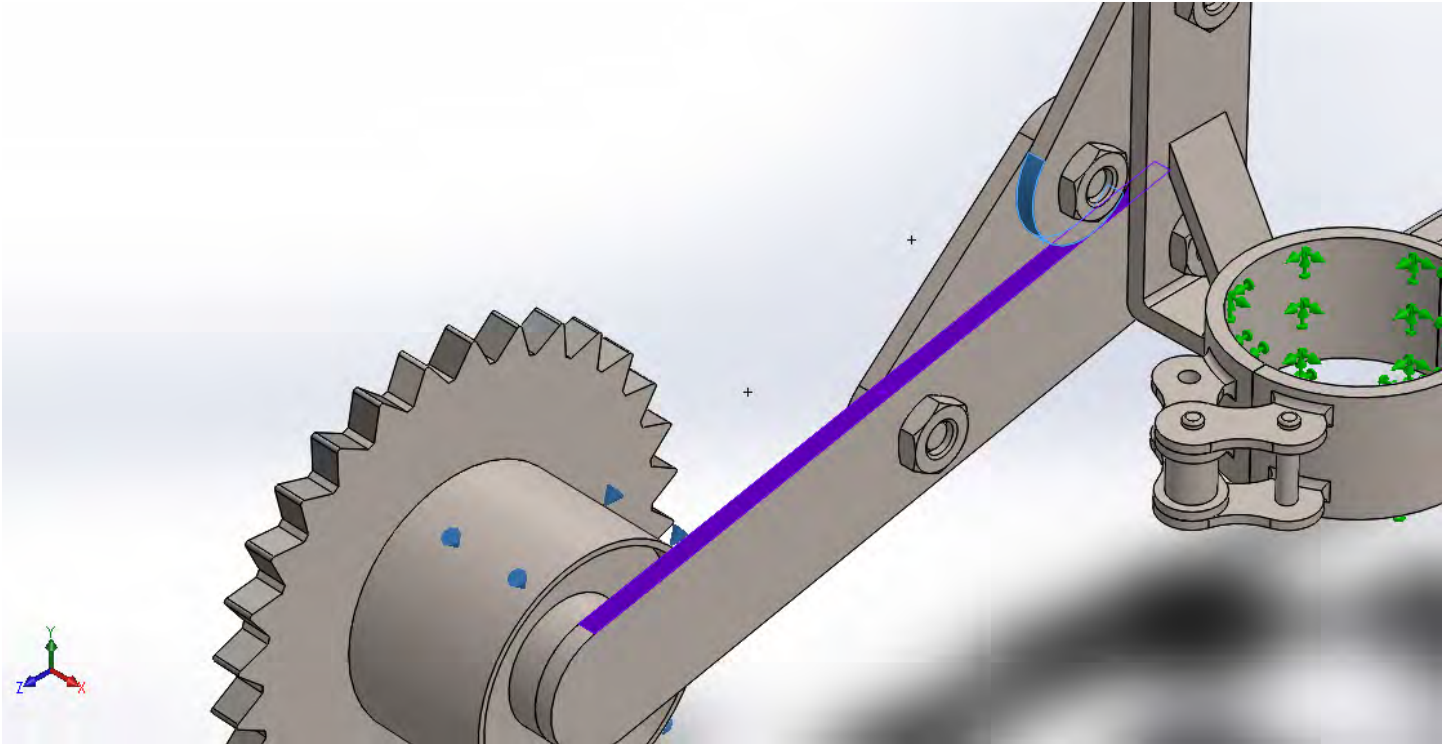
[Large Company Logo]



SOLIDWORKS

<Label_AnalyzedwithSolidWorksSimulation/>

<Label_Simulationof/> <Model_Name/>



Assumptions




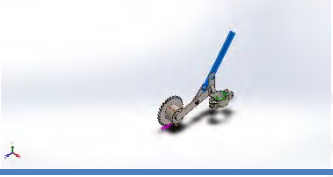

Model Information




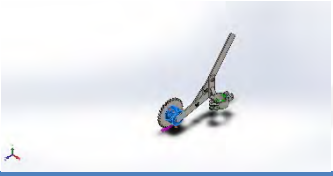





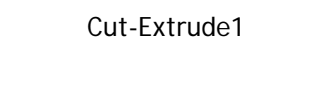


Model name: PENGUNCI KANAN
 Current Configuration: Default

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Cut-Extrude3 	Solid Body	Mass:0.079682 kg Volume:1.03483e-05 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.780884 N	D:\SIDANG\PENGUNCI KANAN-Static 40\13cm.SLDPRT Apr 13 18:44:19 2021
Cut-Extrude1 	Solid Body	Mass:0.0720214 kg Volume:9.35343e-06 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.70581 N	D:\SIDANG\PENGUNCI KANAN-Static 40\16cm.SLDPRT Apr 13 18:44:19 2021
Boss-Extrude1 	Solid Body	Mass:0.0248299 kg Volume:3.22467e-06 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.243333 N	D:\SIDANG\PENGUNCI KANAN-Static 40\5.5cm.SLDPRT Apr 13 18:44:19 2021
Fillet11	Solid Body	Mass:0.0814823 kg Volume:1.05821e-05 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.798527 N	D:\SIDANG\PENGUNCI KANAN-Static 40\Clamp 1.SLDPRT Apr 13 20:30:22 2021



			
Boss-Extrude3 	Solid Body	Mass:0.209004 kg Volume:2.71434e-05 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:2.04824 N	D:\SIDANG\PENGUNCI KANAN-Static 40\bearing.SLDPRT Apr 13 18:44:19 2021
Fillet8 	Solid Body	Mass:0.0438229 kg Volume:5.69129e-06 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.429465 N	D:\SIDANG\PENGUNCI KANAN-Static 40\clamp 2.SLDPRT Apr 13 20:29:22 2021
BearingFace 	Solid Body	Mass:0.00259664 kg Volume:3.37226e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0254471 N	c:\solidworks data (2)\browser\ansi metric\bolts and screws\hex head\formed hex screw_am.sldprt Jun 25 13:38:21 2021
BearingFace 	Solid Body	Mass:0.00259664 kg Volume:3.37226e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0254471 N	c:\solidworks data (2)\browser\ansi metric\bolts and screws\hex head\formed hex screw_am.sldprt Jun 25 13:38:21 2021
BearingFace 	Solid Body	Mass:0.00259664 kg Volume:3.37226e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0254471 N	c:\solidworks data (2)\browser\ansi metric\bolts and screws\hex head\formed hex screw_am.sldprt Jun 25 13:38:21 2021
BearingFace 	Solid Body	Mass:0.00259664 kg Volume:3.37226e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0254471 N	c:\solidworks data (2)\browser\ansi metric\bolts and screws\hex head\formed hex screw_am.sldprt Jun 25 13:38:21 2021
Cut-Extrude1 	Solid Body	Mass:0.117338 kg Volume:1.52386e-05 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:1.14991 N	D:\SIDANG\PENGUNCI KANAN-Static 40\gear.SLDPRT Apr 13 18:44:18 2021

			
EndChamfer 	Solid Body	Mass:0.0129513 kg Volume:1.68199e-06 m ³ Density:7699.99 kg/m ³ Weight:0.126923 N	c:\solidworks data (2)\browser\iso\nuts\hex nuts\hex flange nut gradea_iso.sldprt Jun 25 13:38:24 2021
EndChamfer 	Solid Body	Mass:0.00160909 kg Volume:2.08973e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0157691 N	c:\solidworks data (2)\browser\iso\nuts\hex nuts\hex thin nut chamfered gradeab_iso.sldprt Jun 25 13:38:25 2021
EndChamfer 	Solid Body	Mass:0.00160909 kg Volume:2.08973e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0157691 N	c:\solidworks data (2)\browser\iso\nuts\hex nuts\hex thin nut chamfered gradeab_iso.sldprt Jun 25 13:38:25 2021
EndChamfer 	Solid Body	Mass:0.00160909 kg Volume:2.08973e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0157691 N	c:\solidworks data (2)\browser\iso\nuts\hex nuts\hex thin nut chamfered gradeab_iso.sldprt Jun 25 13:38:25 2021
EndChamfer 	Solid Body	Mass:0.00160909 kg Volume:2.08973e-07 m ³ Density:7700 kg/m ³ Weight:0.0157691 N	c:\solidworks data (2)\browser\iso\nuts\hex nuts\hex thin nut chamfered gradeab_iso.sldprt Jun 25 13:38:25 2021

Study Properties


Study name	Static 9
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	Intel Direct Sparse
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (C:\Users\CANDRA\Documents\coba lagi\rarr)

Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

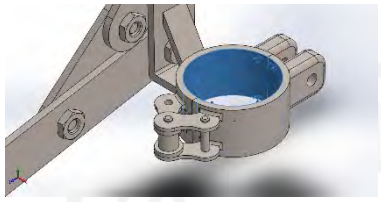


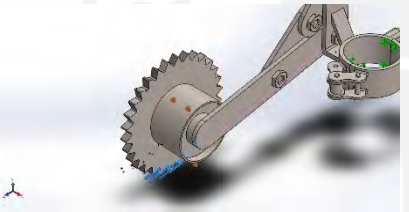
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: Alloy Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Max von Mises Stress Yield strength: 6.20422e+08 N/m² Tensile strength: 7.23826e+08 N/m² Elastic modulus: 2.1e+11 N/m² Poisson's ratio: 0.28 Mass density: 7700 kg/m³ Shear modulus: 7.9e+10 N/m² Thermal expansion coefficient: 1.3e-05 /Kelvin</p>	<p>SolidBody 1(Cut-Extrude3)(13cm-1), SolidBody 1(Cut-Extrude1)(16cm-1), SolidBody 1(Boss-Extrude1)(5.5cm-1), SolidBody 1(Fillet11)(Clamp 1-1), SolidBody 1(Boss-Extrude3)(bearing-1), SolidBody 1(Fillet8)(clamp 2-2), SolidBody 1(BearingFace)(formed hex screw_am-3), SolidBody 1(BearingFace)(formed hex screw_am-4), SolidBody 1(BearingFace)(formed hex screw_am-5), SolidBody 1(BearingFace)(formed hex screw_am-6), SolidBody 1(Cut-Extrude1)(gear-1), SolidBody 1(EndChamfer)(hex flange nut gradea_iso-1), SolidBody 1(EndChamfer)(hex thin nut chamfered gradeab_iso-1), SolidBody 1(EndChamfer)(hex thin nut chamfered gradeab_iso-2), SolidBody 1(EndChamfer)(hex thin nut chamfered gradeab_iso-3), SolidBody 1(EndChamfer)(hex thin nut chamfered gradeab_iso-4)</p>
Curve Data:N/A		



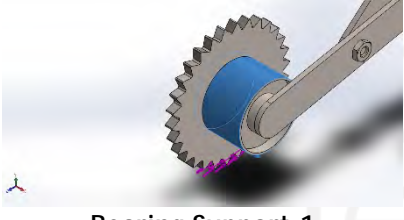
Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 2 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	-3.96119	-18.6661	-61.8397	64.7168
Reaction Moment(N.m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 10 face(s) Reference: Edge< 1 > Type: Apply force Values: ---, ---, 9.87 kgf



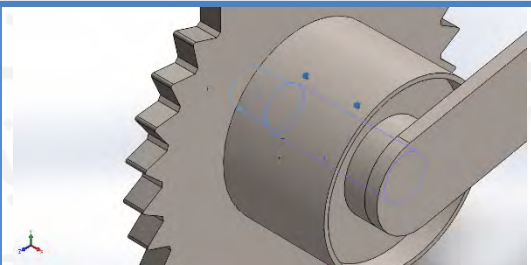
Connector Definitions

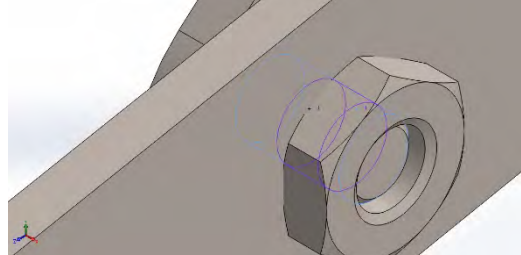
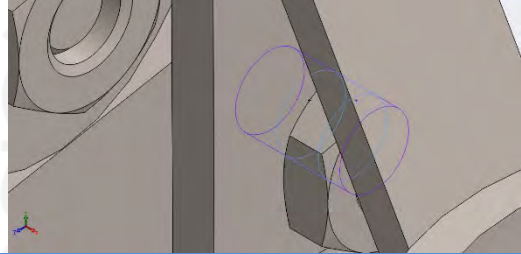
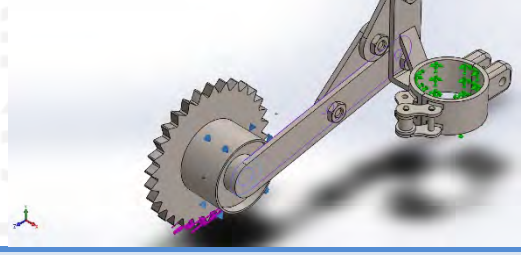
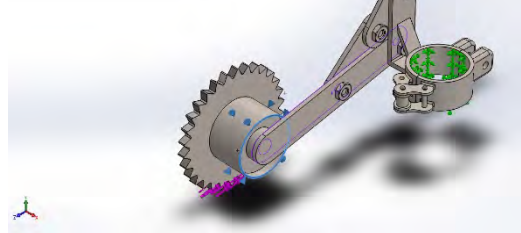
Pin/Bolt/Bearing Connector

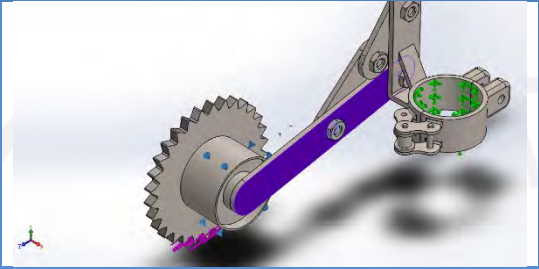
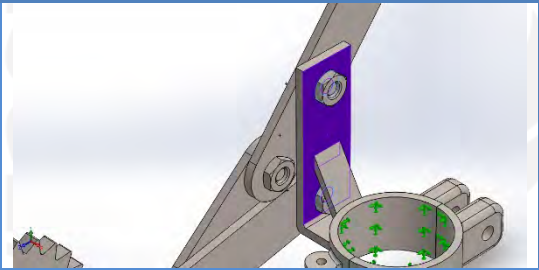
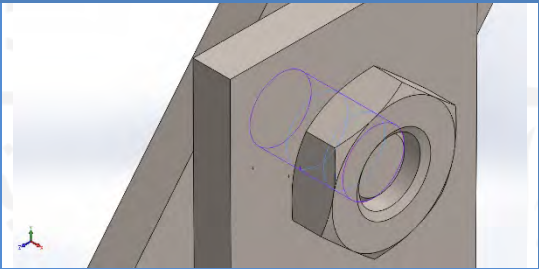
Model Reference	Connector Details	Strength Details		
 <p>Bearing Support-1</p>	<p>Entities: 1 face(s) Type: Bearing</p>	<p>No Data</p>		
Connector Forces				
Type	X-Component	Y-Component	Z-Component	Resultant
Axial Force (N)	3.9612	-0	-0	-3.9612
Shear Force (N)	0	0.18135	156.85	156.85
Bending moment (N.m)	0	0	0	0

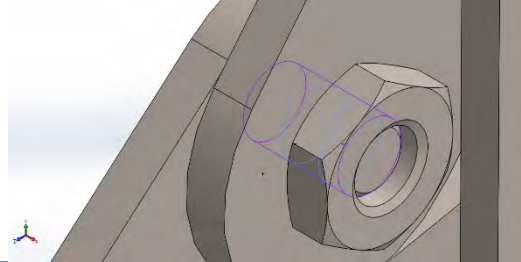
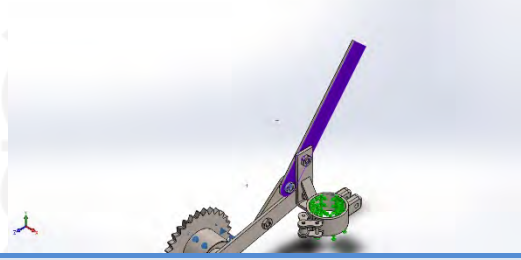




Contact Information

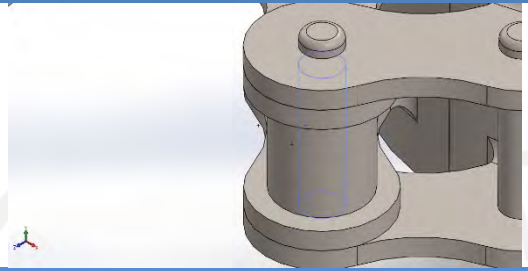
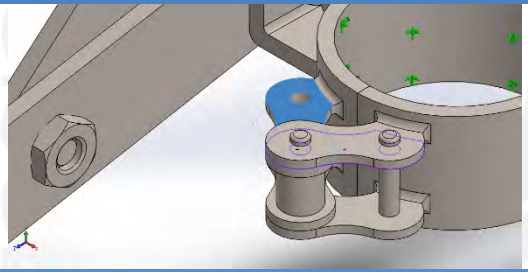
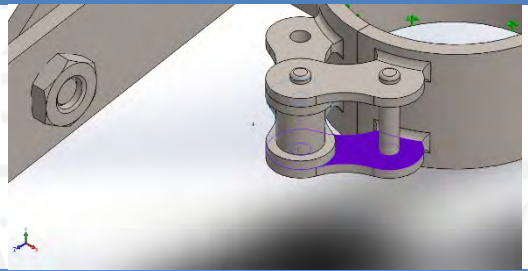
Contact	Contact Image	Contact Properties		
Contact Set-1		Type: No Penetration contact pair Entites: 3 face(s) Advanced: Surface to surface		
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	3.345	2.022	17.391	17.825
Contact Set-2		Type: No Penetration contact pair Entites: 3 face(s) Advanced: Surface to surface		
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	-36.802	9.6016	10.276	39.397
Contact Set-3		Type: No Penetration contact pair Entites: 3 face(s) Advanced: Surface to surface		
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	1.9764E-15	1.2261E-12	-2.4956E-12	2.7805E-12

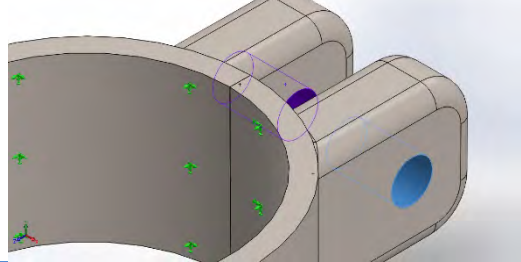
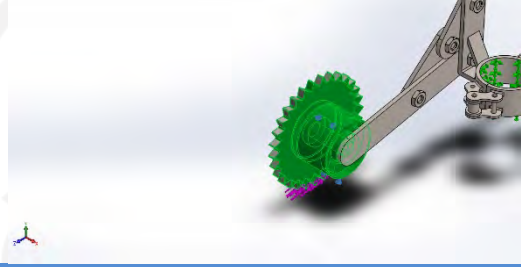

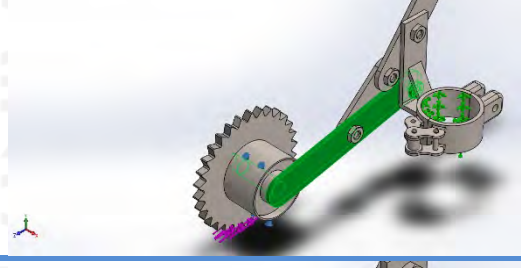
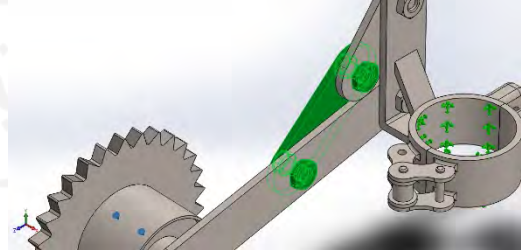
Contact Set-4		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Node to surface</p>												
Contact/Friction force														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact Force(N)</td> <td>-0.70194</td> <td>4.4409E-15</td> <td>-1.7764E-15</td> <td>0.70194</td> </tr> </tbody> </table>	Components	X	Y	Z	Resultant	Contact Force(N)	-0.70194	4.4409E-15	-1.7764E-15	0.70194	X	Y	Z	Resultant
Components	X	Y	Z	Resultant										
Contact Force(N)	-0.70194	4.4409E-15	-1.7764E-15	0.70194										
Contact Set-5		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface</p>												
Contact/Friction force														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact Force(N)</td> <td>1.1132</td> <td>1.31E-14</td> <td>-1.2641E-14</td> <td>1.1132</td> </tr> </tbody> </table>	Components	X	Y	Z	Resultant	Contact Force(N)	1.1132	1.31E-14	-1.2641E-14	1.1132	X	Y	Z	Resultant
Components	X	Y	Z	Resultant										
Contact Force(N)	1.1132	1.31E-14	-1.2641E-14	1.1132										
Contact Set-6		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface</p>												
Contact/Friction force														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact Force(N)</td> <td>24.164</td> <td>-10.889</td> <td>2.4057</td> <td>26.613</td> </tr> </tbody> </table>	Components	X	Y	Z	Resultant	Contact Force(N)	24.164	-10.889	2.4057	26.613	X	Y	Z	Resultant
Components	X	Y	Z	Resultant										
Contact Force(N)	24.164	-10.889	2.4057	26.613										
Contact Set-7		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface</p>												

Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	20.84	2.2358	16.808	26.867
Contact Set-8			Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface	
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	-42.226	6.7861	-2.0332	42.816
Contact Set-9			Type: No Penetration contact pair Entites: 3 face(s) Advanced: Surface to surface	
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	8.7098E-08	2.6483	8.154	8.5733
Contact Set-10			Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface	
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	0.17933	3.126E-15	2.2898E-16	0.17933

Contact Set-11		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface</p>												
Contact/Friction force														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact Force(N)</td> <td>0.14436</td> <td>7.6187E-16</td> <td>2.2999E-15</td> <td>0.14436</td> </tr> </tbody> </table>	Components	X	Y	Z	Resultant	Contact Force(N)	0.14436	7.6187E-16	2.2999E-15	0.14436	X	Y	Z	Resultant
Components	X	Y	Z	Resultant										
Contact Force(N)	0.14436	7.6187E-16	2.2999E-15	0.14436										
Contact Set-12		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface</p>												
Contact/Friction force														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact Force(N)</td> <td>-21.746</td> <td>-0.74963</td> <td>0.37639</td> <td>21.762</td> </tr> </tbody> </table>	Components	X	Y	Z	Resultant	Contact Force(N)	-21.746	-0.74963	0.37639	21.762	X	Y	Z	Resultant
Components	X	Y	Z	Resultant										
Contact Force(N)	-21.746	-0.74963	0.37639	21.762										
Contact Set-13		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Friction Value: 0.05 Advanced: Surface to surface</p>												
Contact/Friction force														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact Force(N)</td> <td>-1.4861</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>1.4861</td> </tr> </tbody> </table>	Components	X	Y	Z	Resultant	Contact Force(N)	-1.4861	0	0	1.4861	X	Y	Z	Resultant
Components	X	Y	Z	Resultant										
Contact Force(N)	-1.4861	0	0	1.4861										
Contact Set-42		<p>Type: No Penetration contact pair Entites: 4 face(s) Friction Value: 0.05 Advanced: Surface to surface</p>												
Contact/Friction force														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Components</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Contact Force(N)</td> <td>-1.098E-19</td> <td>-1.1704E-41</td> <td>2.6369E-34</td> <td>1.098E-19</td> </tr> </tbody> </table>	Components	X	Y	Z	Resultant	Contact Force(N)	-1.098E-19	-1.1704E-41	2.6369E-34	1.098E-19	X	Y	Z	Resultant
Components	X	Y	Z	Resultant										
Contact Force(N)	-1.098E-19	-1.1704E-41	2.6369E-34	1.098E-19										



Friction Force(N)	9.448E-37	8.8922E-23	-9.343E-22	9.3852E-22
Contact Set-43				Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	2.3477E-18	1.9303E-07	5.2397E-20	1.9303E-07
Contact Set-44				Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	-4.5644E-05	4.1022E-09	2.9408E-05	5.4298E-05
Contact Set-45				Type: No Penetration contact pair Entites: 2 face(s) Advanced: Surface to surface
Contact/Friction force				
Components	X	Y	Z	Resultant
Contact Force(N)	-1.8773E-05	7.0713E-09	6.1333E-06	1.9749E-05

Contact Set-46		<p>Type: Bonded contact pair Entites: 2 face(s)</p>
Component Contact-1		<p>Type: Bonded Components: 1 component(s), 2 Solid Body (s) Options: Incompatible mesh</p>
Component Contact-4		<p>Type: Bonded Components: 2 component(s), 1 Solid Body (s) Options: Incompatible mesh</p>
Component Contact-5		<p>Type: Bonded Components: 1 component(s), 2 Solid Body (s) Options: Incompatible mesh</p>
Component Contact-6		<p>Type: Bonded Components: 5 Solid Body (s) Options: Incompatible mesh</p>

Mesh information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	5 mm
Tolerance	0.25 mm
Mesh Quality Plot	High
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Mesh information - Details

Total Nodes	36614
Total Elements	19052
Maximum Aspect Ratio	38.152
% of elements with Aspect Ratio < 3	74.5
% of elements with Aspect Ratio > 10	1.48
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:21
Computer name:	





Mesh Control Information:

Mesh Control Name	Mesh Control Image	Mesh Control Details
Control-12		Entities: 2 Solid Body (s) Units: mm Size: 4 Ratio: 1.5
Control-13		Entities: 14 Solid Body (s) Units: mm Size: 5 Ratio: 1.5

Sensor Details

No Data

Resultant Forces

Reaction forces

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-3.96119	-18.6661	-61.8397	64.7168

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N.m	0	0	0	0

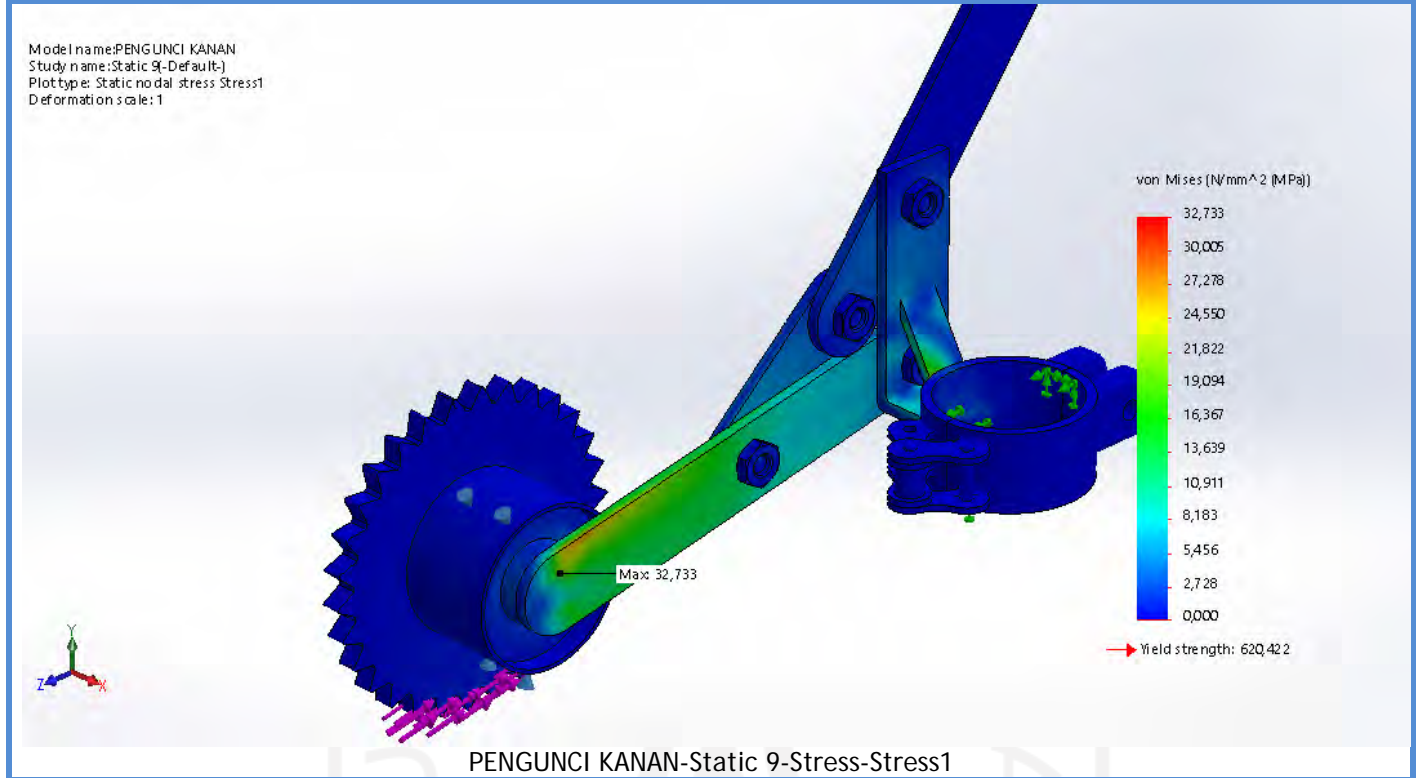
Beams

No Data

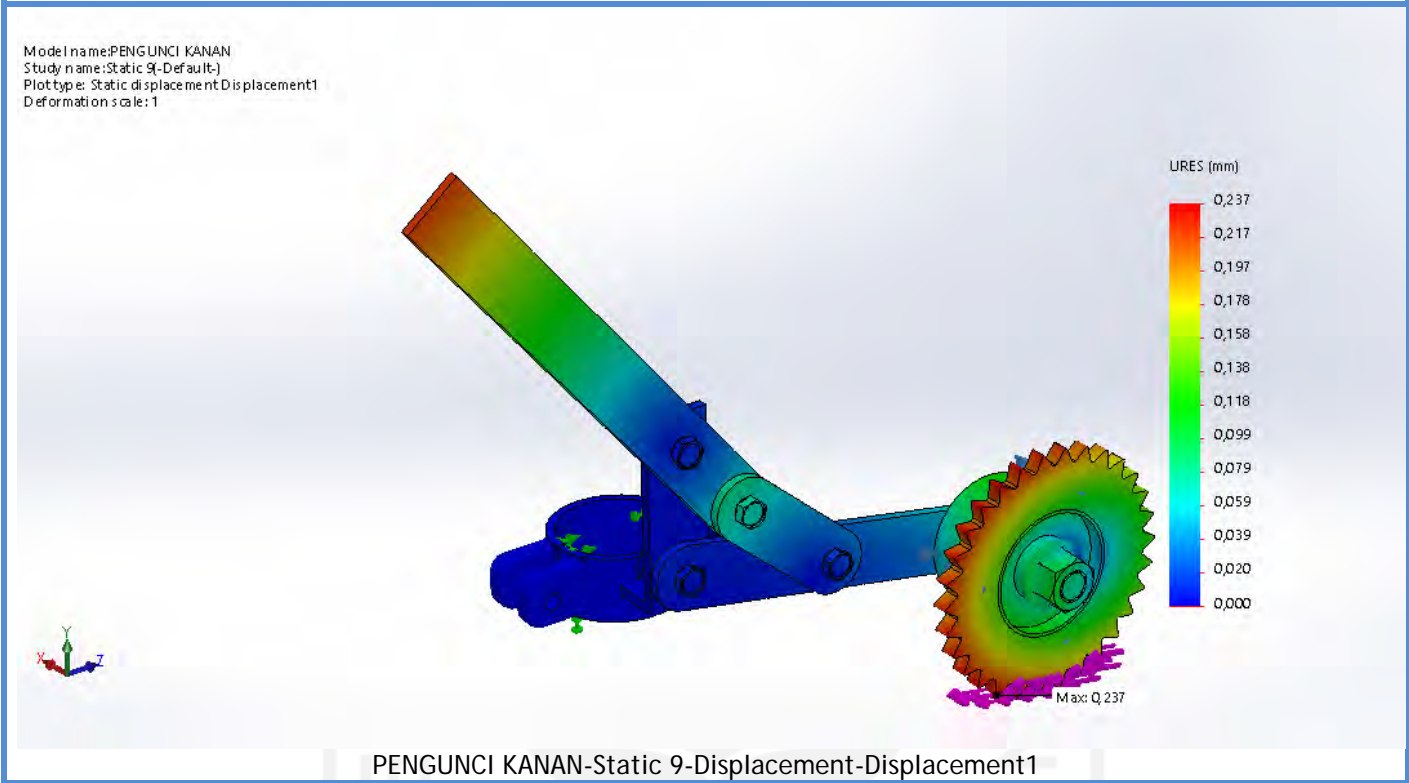


Study Results

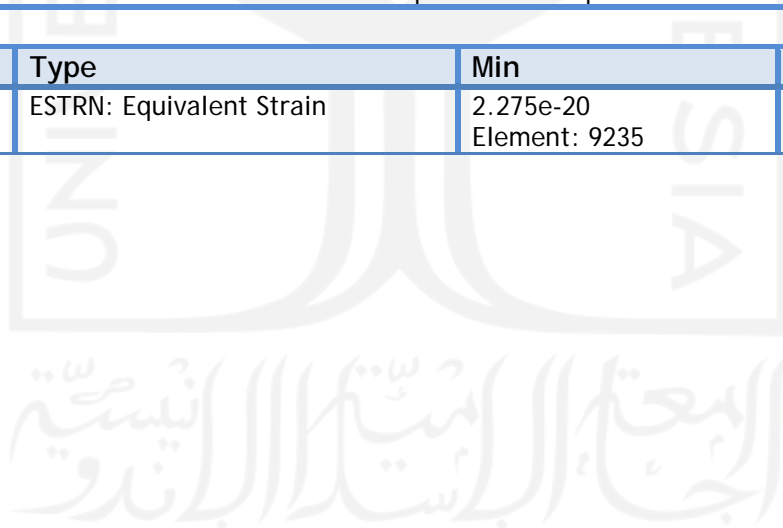
Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0,000 N/mm ² (MPa) Node: 20010	32,733 N/mm ² (MPa) Node: 2162

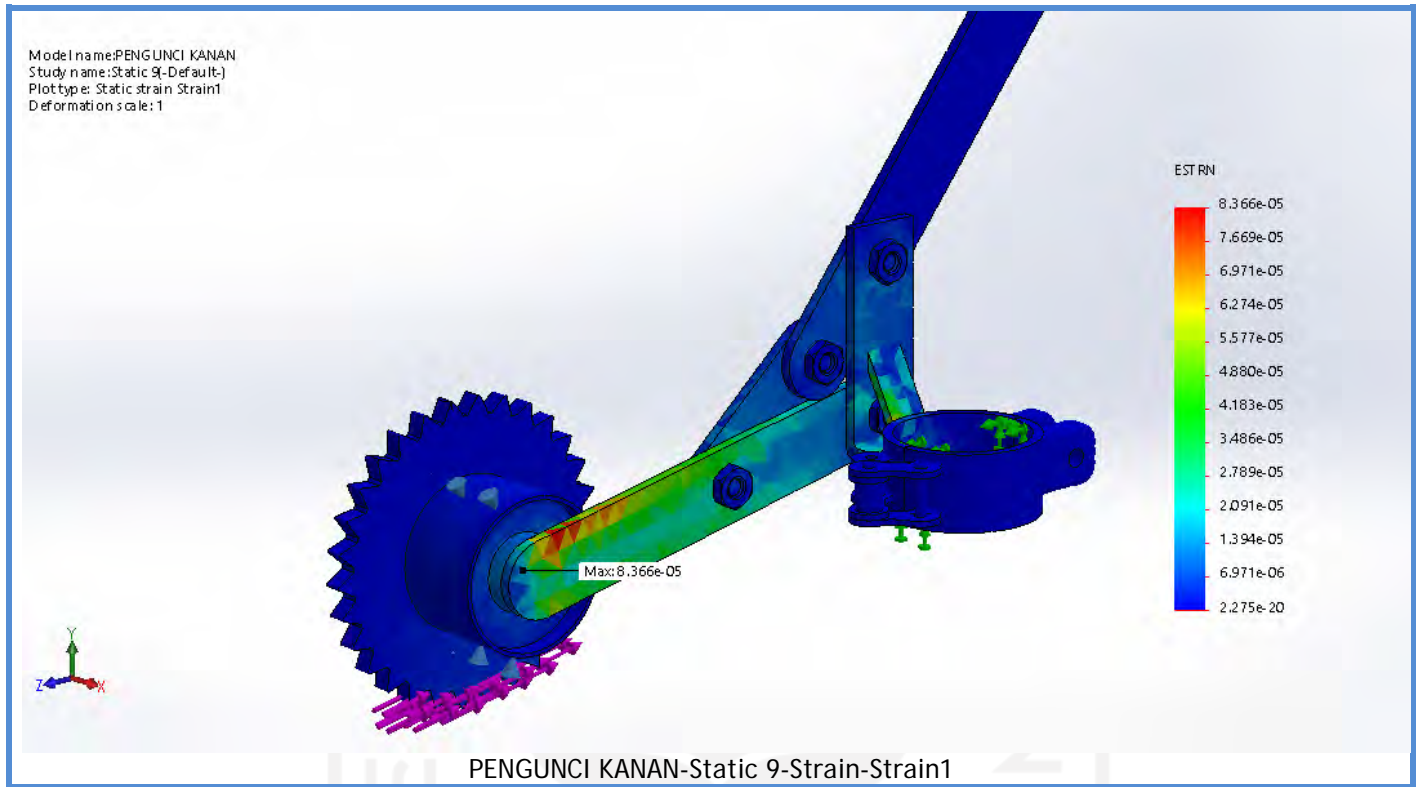


Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0,000 mm Node: 6976	0,237 mm Node: 31495



Name	Type	Min	Max
Strain1	ESTRN: Equivalent Strain	2.275e-20 Element: 9235	8.366e-05 Element: 636





Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	2e+01 Node: 2162	1e+16 Node: 17146

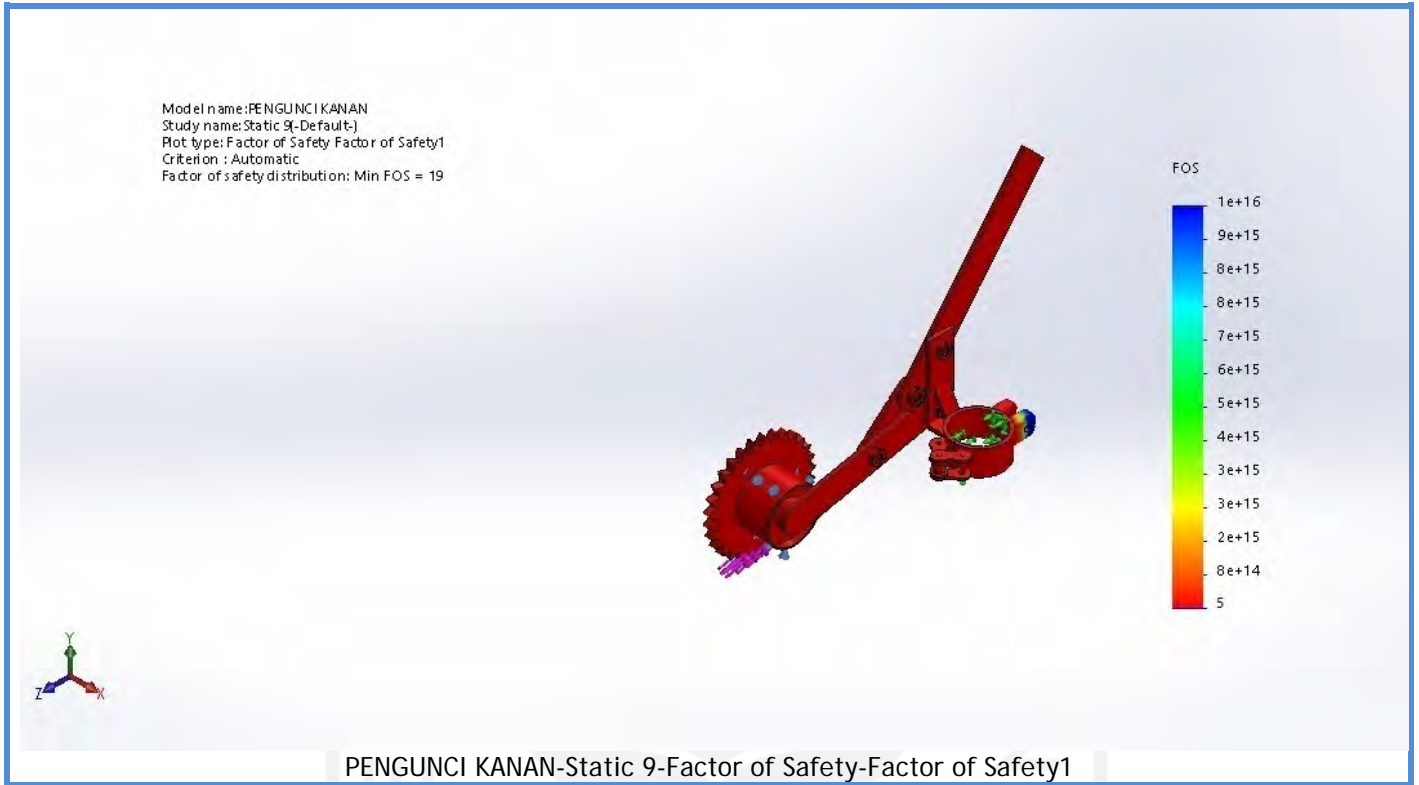


Image-1

Image-2

Conclusion

