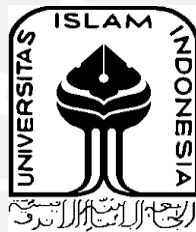


**PERANCANGAN & PEMBUATAN MODEL TROLI
BIODIGESTER PORTABEL**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Kemal

No. Mahasiswa : 15525023

NIRM : 2015020472

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PERANCANGAN & PEMBUATAN MODEL TROLI
BIODIGESTER PORTABEL**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Kemal

No. Mahasiswa : 15525023

NIRM : 2015020472

Yogyakarta, 27 Januari 2022

Pembimbing,


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

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN & PEMBUATAN MODEL TROLI *BIODIGESTER* PORTABEL

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhammad Kemal

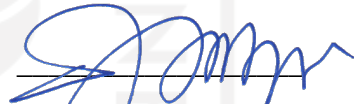
No. Mahasiswa : 15525023

NIRM : 2015020472

Tim Penguji

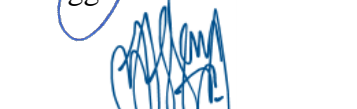
Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M.

Ketua


Tanggal : 3 Februari 2022


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

Anggota I


Tanggal : 27 Januari 2022

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

Anggota II


Tanggal : 27 Januari 2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Risdiono, S.T., M.Eng.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, kupersembahkan *skripsi* ku ini untuk orang-orang kusayangi :

1. Ucapan syukur dan terimakasih untuk Allah yang tak henti-henti memberikan petunjuk rahmat serta hidayahnya sehingga skripsi ini bisa selesai.
2. Salam serta shalawat kepada nabi kita Muhammad SAW yang telah membawa rahmat dan menjadikan ilmu pengetahuan menjadi lebih terang, luas serta bermanfaat bagi alam semesta.
3. Untuk mama saya Balgis Idrus Alhasni dan papa saya Dr. Ir. Machmud Achmad MM tercinta selaku orang tua, terimakasih untuk segala pengorbanan serta kasih dan sayang yang telah di berikan, semoga skripsi ini bisa menjadi tanda nyata hasil pengorbanan serta bisa menjadi kebanggaan dan kebahagiaan untuk papa dan mama.
4. Untuk dosen pembimbing yang saya hormati bapak Santo Ajie Dhewanto, S.T., M.M. yang telah memberikan saya banyak ilmu dan pengetahuan, ide-ide, arahan serta saran yang berhubungan dalam proses penyusunan tugas akhir ini hingga selesai.
5. Kepada dosen serta guru-guru saya, yang telah memberikan semua ilmu serta bimbingannya selama ini.
6. Untuk adik saya Muhammad Nasser yang selalu membantu dalam memberi motivasi serta semangat kepada saya.
7. Terimakasih untuk sodara – sodara, sepupu-sepupu, sahabat-sahabat serta teman-teman saya yang telah dan selalu memberikan banyak pengalaman-pengalaman, Pengetahuan serta Perhatian yang begitu luarbiasa kepada saya.
8. Terimakasih untuk HP, Laptop, Printer, WIFI, kalkulator serta benda-benda lainnya yang terlibat dalam penyelesaian skripsi saya ini.

HALAMAN MOTTO

Katakanlah, “Wahai hamba-hamba-Ku yang melampaui batas terhadap diri mereka sendiri! Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya Allah mengampuni dosa-dosa semuanya. Sungguh, Dialah Yang Maha Pengampun, Maha Penyayang.

(QS. az-zumar [39 : 53])

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada

Tuhanmulah kamu berharap".

(QS. Al Insyirah [94 : 5-8])



KATA PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMAKASIH


Puji dan syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena limpahan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga dapat menyelesaikan penelitian Tugas Akhir (*Skripsi*) dengan judul **“Perancangan & pembuatan model Troli Biodigester Portabel”** Universitas Islam Indonesia Fakultas Tehnologi Industri Jurusan Teknik Mesin dengan baik sebagaimana mestinya dan tanpa suatu halangan berarti sebagai salah satu syarat kelulusan. Tidak lupa salam dan shalawat juga dihaturkan kepada nabi Muhammad SAW karena telah membawa rahmat bagi semua alam.

Diucapkan juga terima kasih kepada semua pihak terutama kepada Ayahanda, Dr. Ir Machmud Achmad MM dan Ibunda, Balqis Idrus Alhasni serta keluarga lainnya, bapak Santo Ajie Dhewanto, ST, MM selaku dosen pembimbing dan semua yang telah banyak membantu selama penyusunan Tugas Akhir ini dari awal hingga selesai.

Diucapkan mohon maaf sebesar-besarnya apabila dalam proses pembuatan tugas akhir ini masih terdapat kesalahan-kesalahan dalam proses desain, perancangan alat, hingga penelitian yang kurang berkenan bagi pembaca pada laporan tugas akhir ini. Dengan sadar bahwasanya penyusunan ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu diharapkan kritik dan saran yang membangun untuk penyusunan serupa yang lebih baik kedepannya.

Akhir kata, semoga penelitian tugas akhir ini baik baik informasi maupun gambar dapat berguna bagi para pembaca dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 27 Januari 2022



Muhammad Kemal

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian/skripsi ini merupakan hasil karya asli sendiri, bukan merupakan duplikasi atau plagiasi dari hasil karya penulis orang lain/peneliti lain. Jika penulisan atau penelitian ini terbukti sebagai hasil duplikasi atau plagiasi dari hasil karya penulis orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi yang berlaku.

Yogyakarta, 27 Januari 2022

Yang Menyatakan ,



Muhammad Kemal

ABSTRAK

Biodigester adalah suatu alat yang dirancang khusus sebagai wadah penghasil biogas yang biasanya berasal dari sampah organik maupun kotoran hewan ternak, *biodigester* ini sudah banyak menggunakan beberapa bentuk wadah dan salah satunya ialah menggunakan *IBC Tank* berkapasitas 1.000 liter karena dianggap lebih tahan lama, mudah untuk dimodifikasi serta mudah dalam proses pengangkutannya karena sudah memiliki tempat untuk pallet jacks yang terbuat dari besi. Berat dari *IBC Tank* ini sangat variatif yaitu antara 56 – 60 Kg dan jika sudah di ubah menjadi sebuah *biodigester* bisa mencapai 100 kg maksimal. Pada penelitian ini sendiri bertujuan untuk membuat desain sebuah troli angkut yang memudahkan pengguna *biodigester* portabel yang memanfaatkan *IBC Tank* dengan kapasitas 1000 liter sebagai wadahnya dalam proses pemindahan dari *biodigester* tersebut dengan menyesuaikan dimensi *IBC Tank* tersebut menggunakan *software CAD* yaitu *Autodesk Inventor 2020*. Berdasarkan perbandingan dari isi *biodigester* yaitu air dan kotoran hewan maka dalam kondisi terisis penuh *biodigester* bisa mencapai 1,2 – 1,4 ton maka troli *biodigester* portabel yang di desain memiliki kekuatan maksimal dalam menahan beban yaitu 2 ton dengan dimensi kurang lebih yaitu 2,1 x 1,77 x 1,72 meter. Hasil analisis dan simulasi kekuatan beban serta safety faktor menggunakan *software Autodesk Inventor 2020* juga menyatakan bahwasanya desain troli *biodigester* portabel yang dirancang pada penelitian masih dalam batas aman jika terkena beban statis sebesar 2 ton. Penelitian ini juga merancang model dari troli yang telah di desain dan dibuat menggunakan meotde 3d *Printing*.

Kata Kunci : Troli, *IBC Tank*, *Biodigester*, safety Faktor, *Autodesk Inventor 2020*, 3d *Printing*

ABSTRACT

Biodigester is a tool specifically desained as a container producing biogas that usually comes from organic waste and livestock manure, this biodigester has used several forms of containers and one of them is to use IBC Tankwith a capacity of 1000 liters because it is considered more durable, easy to modify and easy in the process of transportation because it already has a place made of iron for the pallet jacks. The weight of this tank IBC is very varied between 56 - 60 Kg and if it has been converted into a biodigester can reach a maximum of 100 kg. In this study itself aims to create a transport trolley desain that facilitates users of portabel biodigester that utilizes IBC Tankwith a capacity of 1000 liters as a container in the process of moving from the biodigester by adjusting the dimensions of the IBC Tankusing CAD software Autodesk Inventor 2020. Based on the comparison of the contents of biodigester, namely water and animal excrement, in a condition filled with full biodigester can reach 1,2 – 1,4 tons then the portabel biodigester trolley desained has maximum strength in withstanding the load of 2 tons with dimensions of approximately 2,1 x 1,77 x 1,72 meters. The results of the analysis and simulation of load strength and safety factors using Autodesk Inventor software 2020 also stated that the desain of portabel biodigester trolleys desained in the study is still within safe limits if exposed to a static load of 2 tons. This research also desained a model of the trolley that has been desained for using 3d Printing.

keywords : *Trolley, IBC Tank, Biodigester, Safety factor, Autodesk Inventor 2020, 3d Printing*

Daftar Isi

Halaman Judul	I
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	iii
Halaman Persembahan	iv
Halaman Motto	v
Kata Pengantar Dan UCAPAN TERIMAKASIH	vi
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN	vii
Abstrak	viii
Abstract	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
Daftar notasi	xvii
Bab 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan	3
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan	3
1.6 Sistematika Penelitian	4
Bab 2 Tinjauan Pustaka	6
2.1 Kajian Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	8
2.3 Dasar pemilihan bahan dan Material	11
2.3.1 Kriteria Pemilihan Bahan & Material	11
2.3.2 Komponen Utama	13
2.4 Rumus-rumus yang Berkaitan	14
2.4.1 Analisis Kekuatan Struktur Rangka	14
2.4.2 Gaya	16
2.4.3 Konsep Tegangan & Regangan	19

2.4.4	Rumus Massa Jenis.....	20
2.4.5	Menentukan Nilai <i>Safety Faktor (SF)</i>	21
Bab 3	Metode dan proses Penelitian	23
3.1	Alur Penelitian	23
3.2	Teknik Pengambilan/Pengumpulan data.....	24
3.2.1	Studi Literatur.....	24
3.2.2	Studi Lapangan.....	24
3.3	Penentuan Konsep Rancangan.....	25
3.3.1	Kriteria Desain.....	25
3.3.2	Mekanisme Alat.....	25
3.4	Proses Desain Alat	27
3.4.1	Alat Bantu Desain yang Digunakan	28
3.4.2	Dimensi <i>IBC Tank</i> 1000 liter.....	28
3.4.3	Desain Komponen Alat	30
3.4.4	<i>Assembly</i> Alat dan Hasil Desain Alat.....	44
3.5	Perhitungan Beban & Kekuatan Troli <i>Biodigester</i> Portabel.....	48
3.5.1	Perhitungan Beban <i>Biodigester</i>	48
3.5.2	Proses Simulasi Pengujian Desain Alat.....	51
3.6	Perancangan modeling Alat	61
3.6.1	Persiapan Alat dan Bahan.....	66
3.6.2	Proses 3d <i>Printing</i> model Troli	67
3.6.3	Proses <i>Slicer</i> alat.....	68
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	71
4.1	Hasil Pengujian Alat	71
4.1.1	Hasil pengujian pada <i>Pinion</i>	72
4.1.2	Hasil pengujian pada <i>Gear Rack</i>	76
4.1.3	Hasil Pengujian Rangka Utama Troli.....	79
4.1.4	Hasil Pengujian <i>Assembly</i> Troli.....	81
4.2	Hasil Perancangan <i>Modelling</i> Alat	83
4.2.1	Hasil Cetak & <i>Assembly Modelling Rack & Pinion</i>	83
4.2.2	Hasil Cetak & <i>Assembly Modelling</i> Rangka Utama.....	85
4.2.3	Hasil Cetak & Full <i>Assembly Modelling</i> Troli	87

4.3 Pembahasan	89
Bab 5 Penutup.....	94
5.1 Kesimpulan	94
5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya.....	94
Daftar Pustaka	96



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Faktor Keamanan Berdasarkan Tegangan Luluh	21
Tabel 2 Faktor Keamanan Berdasarkan Jenis Beban	22
Tabel 3 Dimesi Keseluruhan Rangka Utama Troli	30
Tabel 4 Dinensi Keseluruhan <i>Rack</i>	34
Tabel 5 Dimensi <i>Pinion</i>	36
Tabel 6 Dimensi Desain <i>Bevel Gear</i>	37
Tabel 7 Dimensi Kaki-Kaki Troli.....	38
Tabel 8 Dimensi Tuas Penggerak.....	40
Tabel 9 Dimensi Batang Penghubung	41
Tabel 10 Dimensi Poros Engkol Roda	42
Tabel 11 Dimensi Umum <i>Pillow Block Bearing</i>	44
Tabel 12 Daftar Part Dan Komponen Troli <i>Biodigester</i> Portabel	47
Tabel 13 Massa Jenis Kotoran Sapi,Air,Dan Gas Metana	49
Tabel 14 Perbandingan Isi <i>Biodigester</i>	49
Tabel 15 Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 Liter Dengan Perbandingan 1:1.....	49
Tabel 16 <i>Safety Faktor</i> Dari Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 Liter Dengan Perbandingan 1:1	50
Tabel 17 Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 Liter Dengan Perbandingan 2:1.....	50
Tabel 18 <i>Safety Faktor</i> Dari Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 Liter Dengan Perbandingan 2:1	51
Tabel 19 Karakteristik Material <i>Steel mild</i>	53
Tabel 20 Total Beban <i>Pinion</i>	55
Tabel 21 Total Beban Pada Setiap Gigi <i>Rack</i>	56
Tabel 22 Total Beban Rangka Utama.....	58
Tabel 23 Total Beban Hasil <i>Assembly</i>	60
Tabel 24 Daftar Part dan Komponen Redesain Troli	65
Tabel 25 Estimasi Proses <i>Slicer 3d Printing</i> Komponen Pada Troli <i>Biodigester</i> 69	
Tabel 26 Total Berat & Luas Area Rangka Utama Troli	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Tumpuan Rol.....	15
Gambar 2-2 Tumpuan Sendi	15
Gambar 2-3 Tumpuan Jepit	15
Gambar 2-4 Sketsa Gaya Normal.....	17
Gambar 2-5 Sketsa Prinsip Statika Keseimbangan	17
Gambar 2-6 Sketsa SFD (<i>Shearing Force Diagram</i>)	17
Gambar 2-7 Sketsa <i>Moment Bending</i> (+)	18
Gambar 2-8 Sketsa <i>Moment Bending</i> (-)	18
Gambar 2-9 Tinjauan Arah Sebelah Kanan.....	18
Gambar 2-10 Tinjauan Arah Sebelah Kiri.....	18
Gambar 3-1 Diagram Alur Metodologi Penelitian.....	23
Gambar 3-2 <i>Ambulance Strecher</i>	26
Gambar 3-3 <i>Motorcycle Lifting Table</i>	26
Gambar 3-4 <i>Climbing Frame On Tower Crane</i>	27
Gambar 3-5 <i>Autodesk Inventor 2020</i>	28
Gambar 3-6 Spesifikasi <i>IBC Tank</i> 1000 liter	29
Gambar 3-7 Tampak Atas Desain Rangka Utama Troli.....	30
Gambar 3-8 Tampak Samping Desain Rangka Utama Troli.....	31
Gambar 3-9 Desain Roda 8 Inch	33
Gambar 3-10 Desain <i>Rack</i>	34
Gambar 3-11 Desain <i>Join Gear Pinion</i>	36
Gambar 3-12 Desain <i>Bevel Gear</i>	37
Gambar 3-13 Desain Kaki Troli bagian a (depan), b(Belakang).....	39
Gambar 3-14 Tuas Penggerak	39
Gambar 3-15 Tuas Penggerak <i>Gear</i> pada kaki-kaki bagian depan kiri troli	40
Gambar 3-16 Tuas Penggerak <i>Gear</i> pada kaki-kaki bagian depan kiri troli	40
Gambar 3-17 Tuas Penggerak penghubung engkol Pada Roda tengah.....	41
Gambar 3-18 Tuas Penggerak <i>Gear</i> Pada Kaki-Kaki Bagian Belakang Troli	41
Gambar 3-19 Batang Penyambung.....	41
Gambar 3-20 Poros Engkol Roda.....	42

Gambar 3-21 Posisi Roda Bantu Tengah	43
Gambar 3-22 <i>Pillow Block Bearing</i>	43
Gambar 3-23 <i>Assembly</i> Struktur Kaki-Kaki Tanpa Rangka Utama	45
Gambar 3-24 Hasil <i>Assembly</i> Dari Desain Troli <i>Biodigester</i> Portabel	45
Gambar 3-25 Bagan Part Dan Komponen <i>Assembly</i> Troli <i>Biodigester</i> Portabel	46
Gambar 3-26 Mekanisme <i>Rack & Pinion</i> Pada Troli <i>Biodigester</i> Portabel	52
Gambar 3-27 Lokasi Tumpuan Serta Arah Pembebanan Pada <i>Pinion</i>	54
Gambar 3-28 Lokasi Tumpuan, Serta Arah Pembebanan Pada Potongan <i>Rack</i>	55
Gambar 3-29 Letak Tumpuan Rangka Utama Pada Saat Pengujian	57
Gambar 3-30 Letak Pembebanan Troli	57
Gambar 3-31 Letak Dudukan <i>Biodigester</i> Pada Troli	58
Gambar 3-32 Letak Tumpuan Pada Simulasi <i>Stress Analysis</i> Pada Hasil <i>Assembly</i>	59
Gambar 3-33 Letak Dan Arah Beban (Panah Ungu) Simulasi <i>Stress Analysis Hasil Assembly</i>	60
Gambar 3-34 Tampak Depan Redesain Troli.....	62
Gambar 3-35 Tampak Belakang Redesain Troli	62
Gambar 3-36 Tampak Samping Redesain Troli	63
Gambar 3-37 Tampak 3D Redesain troli.....	63
Gambar 3-38 Bagan Part Dan Komponen <i>Assembly</i> Redesain Troli	64
Gambar 3-39 <i>Creality Ender 3 Max 3d Printing Machine</i>	66
Gambar 3-40 Roll Polylactid Acid+ (1.75 mm)	67
Gambar 3-41 Logo <i>Software Ultimaker Cura</i>	67
Gambar 3-42 Skema Proses 3d <i>Printing</i> Dari Hasil Desain Hingga Proses Cetak	68
Gambar 4-1 Nilai <i>Von Mises Stress Pinion</i>	72
Gambar 4-2 Nilai <i>Von Mises Stress Pinion</i> (2)	73
Gambar 4-3 <i>Displacement</i> Pada <i>Pinion</i>	73
Gambar 4-4 <i>Displacement</i> Pada <i>Pinion</i> (2).....	74
Gambar 4-5 Nilai <i>Safety factor</i> Pada <i>Pinion</i>	74
Gambar 4-6 Nilai <i>Safety factor</i> Pada <i>Pinion</i> (2).....	75
Gambar 4-7 Nilai <i>Safety factor</i> Pada <i>Pinion</i> Dengan Beban 2 Ton	75

Gambar 4-8 Nilai <i>Von Mises Stress</i> pada <i>Rack</i>	76
Gambar 4-9 Nilai <i>Displacement</i> Pada <i>Gear Rack</i>	77
Gambar 4-10 Nilai <i>Displacement</i> Pada <i>Gear Rack (2)</i>	77
Gambar 4-11 Nilai <i>Safety factor (SF)</i> Pada <i>Gear Rack</i>	78
Gambar 4-12 Nilai <i>Safety factor (SF)</i> Pada <i>Gear Rack (2)</i>	78
Gambar 4-13 Nilai <i>Safety factor</i> Pada <i>Gear Rack</i> Dengan Beban 2 Ton.....	79
Gambar 4-14 Nilai <i>Von Mises Stress</i> Rangka Utama Troli.....	79
Gambar 4-15 Nilai <i>Displacement</i> Rangka Utama Troli	80
Gambar 4-16 Nilai <i>Safety factor</i> Rangka Utama Troli.....	80
Gambar 4-17 Nilai <i>Von Mises Stress</i> Pada <i>Assembly</i> Troli.....	81
Gambar 4-18 Nilai <i>Displacement</i> <i>Assembly</i> Troli.....	82
Gambar 4-19 Nilai <i>Safety factor</i> Pada <i>Assembly</i> Troli.....	82
Gambar 4-20 Hasil <i>Assembly</i> Model <i>Pinion</i>	84
Gambar 4-21 hasil <i>Assembly</i> Model <i>Rack & Pinion</i> Troli	85
Gambar 4-22 <i>Assembly</i> Model Rangka Utama Troli.....	86
Gambar 4-23 <i>Assembly</i> Roda Bagian Tengah Troli	86
Gambar 4-24 Hasil Cetak & <i>Assembly</i> Model Troli 95 %	87
Gambar 4-25 Hasil <i>Assembly</i> Model Troli 100%.....	87
Gambar 4-26 tampak samping <i>assembly</i> model troli 100%	88
Gambar 4-27 3D <i>Assembly</i> Model Troli 100%	88

DAFTAR NOTASI

F	= gaya (n)
M	= massa benda (kg)
G	= gravitasi (9.81, m/s ²)
P	= massa jenis (kg/m ³)
V	= volume (m ³)
D	= diameter (mm)
σ	= tegangan normal rata-rata (n/mm ²)
F_n	= gaya normal yang bekerja (n)
A	= luas bidang (mm ²)
τ	= tegangan geser rata-rata (n/mm ²)
F_t	= gaya tangensial atau sejajar bidang yang bekerja (n)
A	= luas bidang (mm ²)
ϵ_{ij}	= regangan normal rata-rata
Δl	= gaya tangensial atau sejajar bidang yang bekerja (n)
l	= luas bidang (mm ²)
S_f	= <i>safety factor (ul)</i>
U_1	= <i>unitless</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sejak dulu manusia selalu menciptakan sebuah alat untuk memudahkan proses pekerjaan manusia itu sendiri terutama dalam hal penghematan tenaga serta mempersingkat waktu pengerjaan, dengan semakin bertambahnya penduduk serta proses urbanisasi yang terus berlangsung manusia semakin banyak membuat alat-alat bantu tertentu untuk membantu pengerjaan dari suatu objek tertentu pulah, dimana alat-alat bantu tersebut sering mengikuti bentuk, ukuran, warna dan lain sebagainya menyesuaikan pada objek yang akan di bantu tersebut. Ataupun bisa juga alat-alat bantu tersebut dirancang secara khusus mengikuti proses pengerjaan yang akan dilakukan nantinya oleh manusia, dan salah satu alat bantu tersebut yang mulai di produksi secara massal dan besar-besaran karena cukup memiliki dampak yang cukup baik dalam penggunaannya ialah *Biodigester*.

Biodigester adalah suatu alat atau wadah tertutup rapat yang membantu proses pembusukan bahan-bahan sisa organik yang dimana nantinya pembusukan dari bahan-bahan sisa organik berupa kotoran manusia dan hewan maupun sampah-sampah yang sifatnya organik tersebut membuat terjadinya proses reaksi *Anaerob* yang akan membentuk beberapa senyawa-senyawa khusus termasuk pembentukan biogas. Dengan bantuan *Biodigester* ini maka akan membantu banyak masyarakat dalam menggunakan energi yang berasal dari biogas secara mandiri sebagai bahan bakar kendaraan, pengganti gas LPG maupun untuk menghasilkan listrik sekaligus sebagai bentuk pengolahan sampah yang baik. Bentuk dari *biodigester* ini sendiri sangat bervariasi bentuk dan ukurannya dipasaran akan tetapi yang saat ini sangat mudah di buat dan cukup efisien saat pengoperasiannya untuk digunakan ialah *Biodigester* Portabel yang di produksi oleh PT Cipta Visi Sinar Kencana (CVSK) dikarenakan *Biodigester* ini menggunakan *IBC Tank* yang memiliki bentuk dimensi yang tidak terlalu besar yaitu (Panjang 1,2 m, lebar 1 m, tinggi 1,16 m) dengan kapasitas 1000 liter dan telah di lengkapi oleh sebuah *pallet* yang terhubung dengan besi pelindung.

Meskipun *Biodigester* portabel ini pada dasarnya cukup mudah dan efektif dalam proses pengoprasianya namun dalam proses pemindahan alat *biodigester* ini dirasa masih belum optimal ini dikarenakan alat ini masih membutuhkan alat bantu seperti kendaraan *forklift* untuk menurunkan maupun mengangkat (*lifting process*) alat ini dari mobil *pick up* maupun mini truck yang mengantar *Biodigester* ini. Sedangkan *biodigester* ini bisa saja mudah dipindahkan dan diangkat ke beberapa tempat (*moveable*) sehingga bisa menjadikan *Biodigester* ini sebagai alat yang bisa digunakan secara Bersama-sama oleh masyarakat banyak, oleh sebab itu dengan melakukan “**Perancangan & Pembuatan Model Troli *Biodigester* Portabel**” diharapkan dapat memudahkan dalam proses *lifting* dari *Biodigester* ini dalam keadaan terisi maupun dalam keadaan kosong. Sehingga cukup dengan mobil *pick up* saja dan troli, *biodigester* ini akan lebih mudah untuk di pindah-pindahkan ke jarak yang jauh maupun jarak yang dekat.

Dengan bantuan Troli hasil rancangan *Biodigester* portabel ini diharapkan dapat lebih membantu masyarakat luas khususnya kelompok tani ternak untuk bisa mengolah kotoran-kotoran hewan ternak maupun sampah organik lainnya yang dihasilkan oleh kelompok tani ternak tersebut, serta bisa menjadikan *biodigester* ini sebagai sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan oleh kelompok tani ternak, serta dengan bantuan troli pada penelitian ini membuat *biodigester* tadi menjadi lebih mudah untuk dipindah-pindahkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, maka masalah dalam penelitian tugas akhir ini dapat dirumuskan beberapa pokok permasalahan yaitu :

1. Bagaimana bentuk desain serta mekanisme kerja yang baik dan sesuai untuk troli *biodigester* portabel?
2. Bagaimana proses pengujian analisis beban dan *safety factor* dari desain perancangan troli *biodigester* portabel?
3. Bagaimana melakukan proses pembuatan dan perancangan modeling dari troli *biodigester* portabel menggunakan *3d printing*?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta rumusan masalah yang telah dipaparkan diatas, maka batasan permasalahan pada penelitian tugas akhir terdiri dari beberapa point yaitu :

1. Pada penelitian ini hanya merancang troli untuk mengangkut sebuah *IBC Tank* dengan spesifikasi Panjang 1,2 m, lebar 1 m, tinggi 1,16 m) ketebalan 3 - 5 mm (double layer) dan kapasitas hingga 1000 liter.
2. Pada penelitian ini hanya melakukan analisis dan simulasi kekuatan sruktur & beban troli serta nilai *safety factor* pada troli.
3. Proses desain serta simulasi menggunakan *Autodesk Inventor 2020*
4. Proses perancangan hanya sampai pada tahap *modelling* alat menggunakan dengan ukuran maksimal adalah 50 cm.
5. Proses perancangan *modelling* alat menggunakan *3d Printing*.

1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan

Adapun tujuan dari dilakukannya penelitian mengenai perancangan troli *biodigester* potabel adalah sebagai berikut :

1. Dapat mendesain dan merancang mekanisme kerja troli *biodigester* portabel yang tepat sebagai alat bantu dalam memindahkan serta mengangkat atau menurunkan *biodigester* portabel.
2. Dapat melakukan proses analisis dan simulasi beban serta *safety factor* pada troli *biodigester* portabel yang telah di desain.
3. Dapat membuat dan merancang modeling purwa-rupa awal dari troli *biodigester* portabel menggunakan *3d Printing*.

1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan

Manfaat yang dapat dicapai serta diperoleh dari proses penelitian serta perancangan troli *biodigester* portabel ini ialah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses desain serta mekanisme kerja troli *biodigester* portabel yang efisien dan efektif dalam perancangan troli *biodigester* portabel.

2. Mengetahui kekuatan, *safety factor* serta ketahanan troli *biodigester* portabel yang telah di desain.
3. Mengetahui proses pengerjaan dan pembuatan modeling purwa-rupa awal dari troli *biodigester* portabel yang telah didesain menggunakan *3d Printing*.

1.6 Sistematika Penelitian

Adapun sistematika penting dari penulisan penelitian dari tugas akhir ini ialah :

1. Judul

Bagian ini adalah nama serta identitas awal penelitian tugas akhir yang akan maupun telah di buat.

2. Latar Belakang

Pada bagian ini dijelaskan beberapa poin umum dari topik masalah yang diambil serta memaparkan alasan-alasan pendukung mengenai topik penelitian yang dipilih.

3. Rumusan Masalah dan batasan masalah

Setelah memaparkan dan menentukan masalah-masalah yang ada, maka dilakukan proses perumusan masalah yang akan di teliti secara spesifik sehingga mempermudah dalam proses penelitian. Serta membatasi masalah-masalah apa saja yang akan diteliti ataupun metode-metode yang pilih dalam menganalisis masalah.

4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Pada bagian ini dipaparkan tujuan dari penelitian yang dipilih serta dampak manfaat yang akan didapat.

5. Sistematika Penelitian

Pada bagian ini adalah bagian pemaparan poin-point bab maupun sub-bab yang ada pada penelitian tugas akhir ini.

6. Kajian Pustaka dan Dasar Teori

Pada bagian ini juga dipaparkan hasil penelitian-penelitian serupa atau sejenis yang telah dilakukan sebelumnya serta memasukan teori-teori dasar dan informasi penting lainnya yang dapat menunjang dan mendukung penelitian ini.

7. Metode Penelitian

Pada bagian ini dijelaskan metode-metode penelitian yang dilakukan berupa :

a. Alur penelitian

Pada sub-bab ini akan dibuat skema alur proses penelitian dari awal hingga penelitian selesai.

b. Peralatan dan bahan

Pada sub-bab ini peneliti mendeskripsikan material, alat, maupun bahan-bahan yang digunakan dalam proses perancangan troli *biodigester* portabel.

c. Perancangan

Pada sub-bab ini akan dijelaskan dengan tabel maupun gambar metode-metode yang digunakan dalam proses perancangan mulai dari alat bantu yang digunakan untuk mendesain, proses desain, proses simulasi alat serta tahapan proses pembuatan model alat dari awal hingga selesai.

8. Hasil dan pembahasan

Pada bagian ini akan dibahas dan dipaparkan semua hasil penelitian yang telah dilakukan dari proses desain, proses simulasi hingga hasil *modelling* alat.

9. Penutup

Pada bab ini akan dibahas beberapa poin kesimpulan-kesimpulan serta saran-saran penelitian selanjutnya yang serupa.

10. Daftar pustaka

Kumpulan-kumpulan sumber penelitian, sitasi serta kepustakaan yang digunakan selama proses penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam proses penulisan penelitian tugas akhir ini peneliti menggali dan mencari informasi dari beberapa penelitian serupa sebelumnya sebagai bahan perbandingan, baik mengenai kelebihan kekurangan dari penelitian sebelumnya maupun peluang serta ancaman dari penelitian yang telah dilakukan. Beberapa penelitian tersebut didapat dari buku-buku, jurnal resmi, serta skripsi mengenai teori-teori maupun langkah-langkah penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan judul penelitian yang digunakan ini sebagai pendukung dan pendekatan teoritis dari penelitian “**Perancangan & pembuatan model Troli *Biodigester* Portabel**” ini. Berikut beberapa penelitian yang digunakan sebagai landasan teori dari penelitian ini :

1. Skripsi Satria Driyantama, mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta Tahun 2018 dengan judul skripsi “Pembuatan *Trolley* Lipat Sebagai Alat Bantu Angkut Barang.

Pada penelitian ini bermaksud melakukan penelitian dengan melakukan perancangan sebuah Troli lipat dengan tujuan meningkatkan efisiensi waktu dalam memindahkan suatu barang serta ingin mengetahui hasil uji kinerja dari alat troli pengangkut barang yang telah ada. Metode-metode yang di pilih untuk pembuatan alat ini adalah pengambilan data ukuran, identifikasi gambar kerja, dan alat yang digunakan. Beberapa alat dan mesin berupa mesin las, mesin gergaji, mesin bot serta alat perkakas bantu lainnya digunakan dalam mendukung berjalannya penelitian ini di lapangan. Dari alat-alat yang digunakan juga nantinya akan menentukan proses kerja alat seperti proses pemotongan, proses pengelasan, proses grindra dan proses bubut. Hasil uji kinerja yang dicapai dari proses penelitian didapatkan hasil dengan baik dan sesuai dengan fungsinya ini dapat disimpulkan dengan hasil kinerja alat yang dapat memangkas waktu kerja serta memudahkan dan mengurangi langkah teknis dalam memindahkan barang.

Skripsi atau penelitian diatas dipilih dikarenakan tujuan serta proses pengerjaan sangat serupa yaitu dengan adanya proses pengelasan, proses pemotongan serta beberapa proses sama lainnya, tujuan dari penelitian diatas juga mendukung tujuan dari penelitian ini bahwasanya perancangan ini dapat mempermudah dan memangkas waktu dari suatu pekerjaan.

2. Skripsi Sunarso, mahasiswa Universitas Sebelas Maret Fakultas Teknik Jurusan Teknik Industri Surakarta tahun 2010 dengan judul penelitian “Perancangan Troli Sebagai Alat bantu Angkut Galon Air Mineral Dengan Pendekatan *Anthtopometri*”

Pada penelitian skripsi ini dilakukan studi kasus di sebuah agen air mineral bermerk ASLI di Sukoharjo, dalam studi kasusnya mengidentifikasi adanya masalah pada proses pemindahan galon air yang memiliki berat 19 kg dimana para pekerja mengeluhkan sulitnya memindahkan galon air dari tempat pengisian air ke gudang penyimpanan galon yang jaraknya kurang lebih 100 meter. Meskipun memang telah disediakan sebuah troli akan tetapi troli yang digunakan sangat tidak pas dalam penggunaannya ini dikarenakan banyak pekerja yang masih harus melakukan aktivitas berbahaya seperti mengangkat dan menurunkan galon air yang berat dengan jumlah yang banyak. Berdasarkan wawancara dengan pekerja juga didapatkan banyaknya pekerja yang mengeluhkan rasa sakit terutama pada bagian tangan dan lengan serta lutut. Berdasarkan itu peneliti mencoba membuat rancangan troli baru yang bisa mengurangi aktivitas yang beresiko dalam proses pemindahan galon air dengan bantuan metode REBA dan pendekatan *Antropometri*.

Skripsi dan penelitian diatas dipilih sebagai pendukung penelitian ini dikarenakan penelitian diatas memiliki alur penelitian dan studi kasus yang menyerupai dengan penelitian ini akan tetapi dalam penggunaan metode penelitian dan fungsi akhir dari alat yang berbeda.

2.2 Dasar Teori

1. *Moveable* dan Portabel

Menurut kamus bahasa Inggris ternama yaitu *Oxford English Dictionary* pengertian dari *Moveable* adalah kemampuan suatu objek dalam berpindah dari satu tempat ke tempat lainnya. Sedangkan arti kata Portabel menurut kamus Besar bahasa Indonesia (KBBI) adalah suatu objek yang memiliki sifat untuk mudah dibawah-bawah atau dijinjing

2. *Manual Material Handling*

Manual Material Handling atau yang dapat disingkat dengan (MMH) dapat didefinisikan sebagai proses dalam pemindahan suatu barang atau dalam mengalirkan suatu barang, serta objek lainnya yang masih membutuhkan manusia sebagai sebab dan sumber tenaga berpindahnya benda-benda tersebut. Sedangkan pengertian MMH sendiri menurut Sunarso pada skripsinya yang berjudul Perancangan Troli Sbagai Alat bantu Angkut galon Bab II halaman 4 menjelaskan : Pengertian MMH adalah suatu kegiatan transportasi yang dilakukan oleh satu tenaga kerja atau lebih dengan melakukan aktivitas berupa mendorong, menarik, mengangkut, mengangkat serta menurunkan dalam upaya memindahkan suatu barang atau objek tertentu, proses penanganan material secara manual memiliki suatu keuntungan yaitu fleksibilitas gerakan pada ruang terbatas. Salah satu contoh kegiatan MMH adalah proses pemindahan barang dengan menggunakan troli (Sunarso, 2010)

Sedangkan menurut Wignjosoebroto pada bukunya yang berjudul Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu, Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas Kerja tahun 1995 menyatakan : pengertian beban secara manual, menurut *American material handling Society* bahwa material handling adalah sebagai bentuk proses seni dan ilmu yang meliputi penanganan (*handling*), pemindahan (*moving*), pengepakan (*packaging*), penyimpanan (*storing*) dan pengawasan (*controlling*) dari material dengan segala bentuknya. (Wignjosoebroto, 1995)

3. *Material Handling Equipment*

Menurut Ach Muhib Zainuri pada bukunya yang berjudul mesin pemindah bahan (*material handling equipment*) mekemukakan bahwasanya : *material handling equipment* adalah peralatan yang digunakan untuk memindahkan

suatu muatan yang berat dari suatu tempat lain dalam jarak departemen tidak jauh. Dalam hal ini misalnya dari bagian-bagian departemen pabrik, tempat penyimpanan dan pembongkaran muatan dan lain sebagainya yang masih area satu pabrik. (Zainuri, 2006)

Berdasarkan pernyataan diatas *material handling equipment* atau bisa disebut dengan alat pemindah barang adalah sebuah alat bantu untuk memindahkan barang maupun objek berat didalam suatu kawasan tertentu dengan jarak yang dekat.

4. Troli

Menurut Kamus besar Bahasa Indonesia (KBBI) troli dapat diartikan sebagai sebuah kereta dorong yang tujuan untuk membawa bagasi, kopor dan barang sejenis lainnya.

Sedangkan menurut Satria Driyantama pada penelitian skripsinya tahun 2018 dengan judul Pembuatan *Trolley* sebagai Alat Bantu Angkut Barang menyatakan pengertian troli adalah sebuah alat bantu untuk memindahkan sebuah barang dari satu area ke area lainnya sebagai bentuk kegiatan operational suatu perusahaan. (Driyantama, 2018).

Selain itu troli juga biasanya memiliki ciri-ciri dengan material struktur berbahan besi serta memiliki roda sebagai alat bantu gerak

5. Ergonomi dan K3

Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari tentang kerja, tentang orang-orang yang melakukan dan cara melakukan pekerjaan tersebut, tentang alat dan peralatan yang mereka gunakan, tempat kerja serta aspek psikososial dari situasi dan kondisi dari suatu kerja. (Pheasant, 2003). Dan menurut corleet dan clark (1995) yang terdapat dalam kuswana (2014:3), ergonomi adalah kemampuan dalam menerapkan informasi-informasi yang mengenai faktor-faktor kemanusiaan, kapasitas serta batasan rancangan tugas, sistem mesin, ruang hidup dan lingkungan sehingga orang dapat tinggal, bekerja dan bermain dengan aman, nyaman, dan efisien. (Kuswana, 2017)

Sedangkan untuk pengertian keselamatan dan kesehatan kerja (K3) menurut Kuswana (2013:3), kesehatan kerja adalah suatu keadaan dan kondisi pekerja yang terbebas dari gangguan fisik dan mental sebagai akibat yang diterima dari

interaksi dengan suatu pekerjaan dan lingkungan pekerjaan. Dan keselamatan kerja adalah suatu keadaan yang aman dan selamat dari penderitaan, kerusakan dan kerugian di tempat kerja, baik pada saat menggunakan alat, bahan, mesin-mesin pada proses pengolahan, teknik pengepakan, penyimpanan, maupun menjaga dan mengamankan suatu tempat dan lingkungan kerja. (Kuswana, 2017)

Berdasarkan penjelasan dan pemaparan pengertian Ergonomi dan K3 diatas dapat kita simpulkan bahwa ergonomi dan K3 adalah ilmu-ilmu yang mempelajari tentang aturan-aturan serta kaidah mengenai interaksi manusia dengan pekerjaannya serta interaksi manusia dengan alat kerja yang digunakan sehingga dalam proses pekerjaan dapat dijalankan dengan mudah, aman, nyaman dan hemat waktu. Sehingga berdasarkan pemaparan diatas yang di ambil, maka dalam Perancangan Troli *Biodigester* Portabel harus memiliki syarat sebagai berikut :

- a. Ukuran dan bentuk troli harus terasa nyaman dan mudah saat digunakan.
- b. Kekuatan serta bentuk material harus mampu menahan beban objek yang telah ditentukan.
- c. Penggunaan troli dapat mengurangi waktu proses pengerjaan dalam memindahkan dan mengangkat *biodigester* portabel

6. *Intermediate Bulk Container (IBC TANK)*

Menurut dari website <https://www.tranpak.com/tools/faq/what-is-an-intermediate-bulk-container/> yang diakses pada tanggal 25 Juni 2020 pukul 13.52 WIB menyatakan bahwasanya *Intermediate Bulk Container* atau yang lebih sering dikenal dengan *IBC Tank* merupakan sebuah wadah berstandar industri yang terbuat dari bahan plastik HDPE serta biasanya sudah memiliki sebuah palet dan besi pelindung yang terbuat dari besi galvanis. *IBC Tank* ini banyak digunakan di berbagai macam jenis industri dikarenakan bentuknya yang fleksibel, kuat dan bisa di daur ulang. *IBC Tank* ini juga cukup mudah di modifikasi sesuai dengan kebutuhan industri yang ada dan salah satunya adalah menggunakan *IBC TANK* yang dimodifikasi ke sebagai alat reaktor gas metana portabel atau yang sering disebut dengan *biodigester*.

2.3 Dasar pemilihan bahan dan Material

Dalam proses perancangan suatu alat, mesin dan produk ada banyak hal yang perlu di pertimbangkan salah satunya adalah pemilihan bahan dan material yang akan digunakan dalam merencanakan rancang bangun suatu alat atau mesin. Material yang dimaksud disini adalah beberapa bahan yang akan dijadikan suatu produk sedangkan bahan adalah sesuatu yang didapatkan dari sumber-sumber alam yang nantinya akan digunakan sesuai kebutuhan manusia. Penentuan dari pemilihan bahan dan material juga akan menentukan kualitas dan keefektifitasan dari penelitian ini. Penentuan dari pemilihan bahan dan material juga akan menentukan kepresisian pemilihan bahan dan material antara hasil desain jadi dengan hasil pabrikan prototipe alat, mesin maupun produk di lapangan. Adapun beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan dan material dalam perencanaan rancang bangun dari suatu alat, mesin maupun produk :

2.3.1 Kriteria Pemilihan Bahan & Material

Penentuan serta pemilihan bahan yang cermat dan tepat adalah komponen yang penting dalam menentukan desain teknik nantinya, adapun faktor-faktor berupa ketahanan, keuletan, kekakuan, tingkat korosi, harga di pasaran, kemampuan deformasi dan lain sebagainya. Sehingga dengan analisi dalam pemilihan bahan dan material yang tepat dapat mendukung penelitian ini untuk agar lebih efisien dan sesuai yang diharapkan oleh peneliti dan tidak jauh berbeda dari karakteristik material yang dipilih saat proses desain dengan hasil jadi di lapangan. Berikut beberapa kriteria dari peneliti dalam pemilihan beban dan material :

1. Ketersediaan bahan dan material di pasaran

Sebelum melakukan suatu perancangan ada baiknya jika mengetahui apakah bahan serta material yang akan digunakan tersedia dan mudah didapat pasaran. Sehingga pada pada proses perancangan & pembuatan model troli *biodigester* portabel tidak terjadi hambatan maupun kendala yang diakibatkan oleh keterbatasan bahan dan material yang ada serta jika bahan material yang dicari tidak tersedia maka bisa diganti dengan melakukan analisis terhadap bahan dan material lainnya yang tersedia dipasaran dan memiliki karakteristik hampir menyerupai dengan bahan dan material yang telah ditentukan sebelumnya.

2. Kesesuaian bahan dan material

Bahan dan material yang akan digunakan harus dipilih dan diperhitungkan terlebih dahulu agar pada proses pemilihan bahan efektif dan tepat, sehingga komponen-komponen yang terdiri dari kumpulan bahan dan material berjalan sesuai dengan hasil desain dan analisis yang telah dilakukan sebelumnya. Oleh sebab itu perlu dicari material yang sesuai dengan komponen yang akan dibuat dan yang telah ditentukan.

3. Kekuatan bahan dan material

Agar proses perancangan dapat berjalan dengan baik dan diinginkan maka kekuatan bahan dan material adalah faktor penting dari proses perancangan ini, ini dikarenakan kemampuan dari suatu bahan maupun material yang digunakan dalam pembuatan suatu komponen akan menentukan seberapa tahan suatu komponen tersebut dalam menahan beban yang ada. Sehingga dapat disimpulkan bahwasanya kekuatan suatu komponen dan alat berbanding lurus dengan faktor keamanan dari suatu alat, mesin maupun produk. Adapun beban yang dimaksud peneliti ialah kekuatan terhadap beban tekan, kekuatan terhadap beban tarik, kekuatan terhadap beban puntir, kekuatan dalam beban lentur, ketahanan terhadap korosi dan lain sebagainya.

4. Ketepatan fungsi kerja komponen

Dalam perancangan alat dari penelitian ini, komponen-komponen yang digunakan akan memiliki fungsi berbeda-beda menyesuaikan dengan bentuk perancangan alat yang akan dibuat. Untuk menyesuaikan ketepatan fungsi kerja dari alat pun komponen akan menggunakan 2 jenis yaitu yang dibuat sendiri dan komponen yang ada di pasaran dan telah distandarkan. Dengan ketepatan dalam penyesuaian komponen dengan fungsi kerjanya maka diharapkan proses perancangan akan lebih mudah, tepat dan cepat.

5. Mudah dalam proses produksi

Yang dimaksud dengan mudah dalam proses produksi ialah dimana bahan dan material yang akan digunakan mudah dalam proses pembuatannya, seperti kemudahan dalam proses pembentukan, proses pemotongan, proses pengelasan dan proses produksi lainnya yang akan digunakan dalam pembuatan dan perancangan dari alat ini.

6. Perkiraan anggaran perancangan

Melakukan pertimbangan dalam memperkirakan biaya yang akan dikeluarkan untuk perancangan & pembuatan model troli *biodigester* portabel

Agar biaya yang dikeluarkan dalam pemilihan bahan dan material masih dapat terjangkau tanpa mengurangi kualitas bahan dan material yang akan dipilih sebelum buat komponen-komponen alat. Sehingga diharapkan dapat menekan ongkos produksi dari pembuatan troli *Biodigester* portabel nantinya.

2.3.2 Komponen Utama

Dalam perencanaan suatu alat, maka perlu mengetahui komponen-komponen utama yang akan digunakan dalam rancang bangun sehingga dalam proses perancangan nantinya akan memudahkan dalam menyiapkan jenis material maupun bahan yang akan digunakan serta alat bantu dalam mengerjakan mengolah material dan bahan tersebut menjadi suatu bentuk komponen alat tersebut.

1. Kerangka

Salah satu komponen dalam perancangan troli *biodigester* portabel ini adalah rangka, dimana rangka ini akan digunakan sebagai tempat terjadinya mekanisme gerak, sebagai penahan beban keseluruhan dari komponen-komponen dan objek yang terdapat pada alat dan juga sebagai penyeimbang alat.

Pada penelitian ini sendiri kerangka akan dibuat berbentuk *vertical* dan *horizontal* sehingga akan membuat struktur yang mendatar, miring dan tegak. Kerangka ini juga nantinya akan membentuk alat yang dinamis, ergonomis namun tetap aman.

2. *Rack & Pinion*

Komponen utama kedua yang akan digunakan dalam perancangan troli *biodigester* portabel ini ialah *Rack & Pinion* dimana *Rack & Pinion* ini akan menjadi alat membantu proses *lifting* sehingga memudahkan mekanisme kerja troli *biodigester* portabel ini sekaligus alat ini juga menjadi alat bantu dalam menahan beban ketika kerangka dalam kondisi berdiri tegak lurus maupun miring.

3. Roda

Untuk memudahkan fleksibilitas dari alat troli *biodigester* portabel maka diperlukan sebuah roda. Roda ini nantinya memiliki fungsi dalam membantu menggerakkan alat dan termasuk menjadi tumpuan alat sehingga roda ini harus memiliki ukuran dan material yang dapat menahan beban hingga menjadi 3 Ton sehingga kuat dalam menahan beban kerangka dan *biodigester* portabel dalam kondisi terisi.

Pada penelitian ini akan mencoba dalam mendapatkan dan menggunakan roda yang dijual dipasaran ataupun jika tidak tersedia dipasaran maka membuat roda sendiri sehingga dapat menyesuaikan kebutuhan alat.

2.4 Rumus-rumus yang Berkaitan

Sebelum melakukan proses perancangan dan pembuatan alat, selanjutnya ialah melakukan beberapa proses analisis sehingga alat yang digunakan nantinya akan sesuai dan aman saat digunakan. Dalam proses analisis ini akan menggunakan beberapa rumus-rumus yang berkaitan sehingga mempermudah dalam proses perhitungan dan analisis alat.

2.4.1 Analisis Kekuatan Struktur Rangka

Untuk menjamin kekuatan dari struktur komponen kerangka dalam menahan sebuah beban maka diperlukan analisis sederhana kekuatan pada struktur alat, terutama ketika sedang menahan beban terbesar, sehingga nantinya dapat diketahui nilai kekuatan dan beban izin dari struktur kerangka alat.

Untuk menentukan Kekuatan dari Struktur Rangka Troli maka diperlukan Ilmu Statika. Ilmu statika sendiri merupakan ilmu yang mempelajari tentang statik dari suatu struktur terhadap gaya-gaya yang terjadi pada struktur tersebut dan terhadap beban yang ada pada suatu struktur itu sendiri. Untuk menentukan jenis peletakan yang digunakan dalam menahan beban yang ada dalam struktur maka dalam ilmu statika terdapat jenis 3 tumpuan yaitu :

- a. Tumpuan Rol

Yaitu Tumpuan yang dapat meneruskan gaya desak yang tegak lurus bidang peletakkannya. Atau Tumpuan yang hanya dapat menahan sumber gaya arah vertikal.

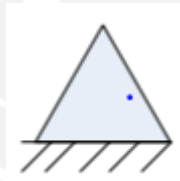


Gambar 2-1 Tumpuan Rol

Sumber : (Popov, 1989)

b. Tumpuan Sendi

Tumpuan yang dapat meneruskan gaya tarik dan desak dengan arah yang menurut sumbu batang sehingga batang tumpuan hanya memiliki satu gaya. Atau tumpuan yang dapat menahan 2 arah sumber gaya yaitu gaya horizontal dan vertikal.

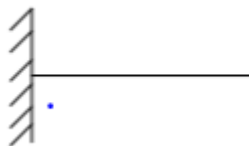


Gambar 2-2 Tumpuan Sendi

Sumber : (Popov, 1989)

c. Tumpuan Jepitan

Tumpuan jepit adalah tumpuan yang dapat menahan segala beban dari arah horizontal maupun Vertikal serta dapat menahan momen. Sehingga untuk mengetahui nilai kesetimbangan dari suatu struktur maka perlu dipenuhi 3 syarat yaitu $\sum F(X)_{\text{Horizontal}} = 0$, $\sum F(Y)_{\text{Vertikal}} = 0$ $\sum M_{\text{momen}} = 0$



Gambar 2-3 Tumpuan Jepit

Sumber : (Popov, 1989)

2.4.2 Gaya

Dalam proses analisis perlu memasukkan perhitungan mengenai gaya, ini dikarenakan gaya akan berhubungan dengan penentuan kekuatan dari suatu struktur. Gaya sendiri merupakan interaksi dalam bentuk apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami perubahan, baik dari bentuk arah, sudut alat dan konstruksi struktur geometris dari suatu alat. Terutama dalam penelitian ini akan banyak bentuk gaya yang bermanfaat sebagai kemudahan ataupun ancaman dalam perancangan troli *biodigester* portabel ini. sebuah konstruksi dari suatu struktur statik juga dapat dikatakan baik jika mampu dengan mudah menjaga konstruksinya untuk selalu dalam kondisi setimbang. Sedangkan konstruksi dikatakan setimbang jika resultan gaya yang bekerja pada konstruksi tersebut sama dengan 0 atau dengan kata lain $\sum F(X)_{\text{Horizontal}} = 0$, $\sum F(Y)_{\text{Vertikal}} = 0$ $\sum M_{\text{momen}} = 0$. Dalam ilmu statika sendiri terbagi jadi beberapa jenis menjadi :

1. Gaya Luar

Gaya luar adalah gaya yang terjadi diakibatkan oleh beban yang asalnya dari luar dari suatu sistem ataupun dari suatu konstruksi. Sedangkan beban sendiri adalah suatu objek tertentu yang memiliki massa dan kemampuan untuk membentuk suatu gaya yang dapat merubah bentuk dari suatu konstruksi. Beban dapat dibagi beberapa macam yaitu :

- **Beban mati**
Beban yang tidak dapat berpindah tempat atau sifatnya diam dan tetap dalam mempertahankan posisinya. Seperti tembok, Lantai, Tiang penyangga dsb.
- **Beban Sementara**
Beban yang mempunyai potensi untuk merubah posisi dan dapat bergerak dari suatu titik ke titik lainnya, seperti kendaraan maupun beban dari orang, hewan dsb.
- **Beban Rata**
Beban yang secara merata membebani dan menempati pada suatu struktur.
- **Beban Terpusat**
Beban yang membebani dan menempati pada satu titik tertentu di suatu struktur.

- Beban bergerak/berjalan

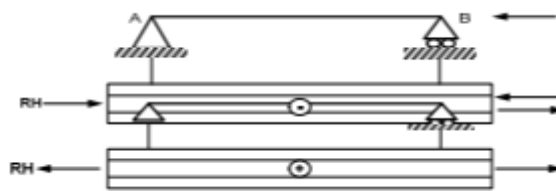
Beban yang dengan mudah dapat berpindah – pindah, baik beban merata, titik, maupun kombinasi dari keduanya.

2. Gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya yang terjadi di dalam suatu struktur dari hasil reaksi dalam melawan gaya luar yang bekerja pada suatu struktur tersebut.

3. Gaya Normal

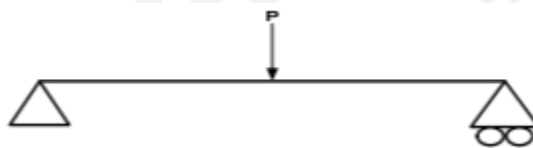
Gaya normal merupakan gaya dalam yang terjadi akibat adanya beban yang arah garis kerjanya searah (//) di atas sebuah permukaan bidang dari suatu sumbu batang yang ditinjau.



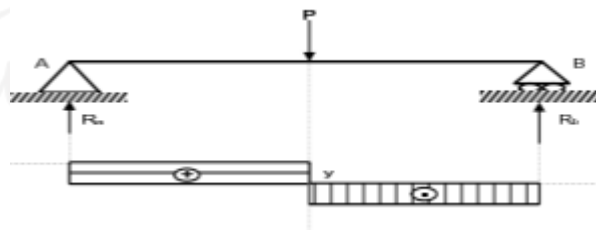
Gambar 2-4 Sketsa Gaya Normal
Sumber : (Popov, 1989)

4. Gaya Geser

Gaya geser juga termasuk sebagai gaya dalam yang terjadi akibat beban yang arah garis kerjanya tegak lurus (\perp) pada sumbu batang yang ditinjau.



Gambar 2-5 Sketsa Prinsip Statika Keseimbangan
Sumber : (Popov, 1989)

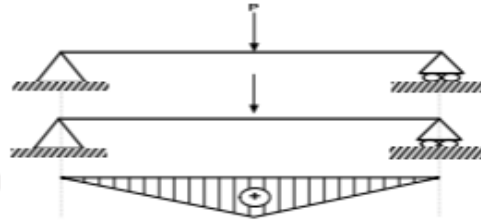


Gambar 2-6 Sketsa SFD (Shearing Force Diagram)
Sumber : (Popov, 1989)

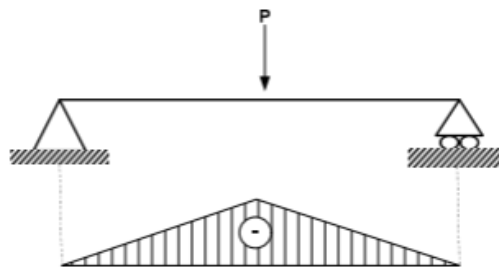
Gaya bidang lintang juga dapat ditunjukkan dari gambar 2-6 dimana dalam penentuan tanda pada SFD berupa tanda positif (+) atau negatif (-) tergantung dari arah gaya.

5. Momen

Momen adalah gaya yang bekerja dikalikan dengan panjang lengan struktur yang terjadi akibat reaksi dari beban yang terjadi pada suatu struktur.



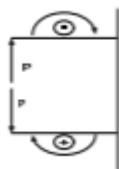
Gambar 2-7 Sketsa *Moment Bending* (+)
Sumber : (Popov, 1989)



Gambar 2-8 Sketsa *Moment Bending* (-)
Sumber : (Popov, 1989)

Untuk menentukan perhitungan gaya dalam momen maka perlu diketahui arah tinjauannya, diantaranya adalah :

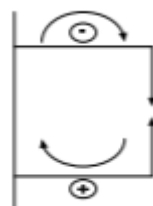
- Ditinjau dari sebelah kanan



Bila searah jarum jam maka menunjukkan (+), dan jika berlawanan arah jarum jam maka menunjukkan (-)

Gambar 2-9 Tinjauan Arah Sebelah Kanan
Sumber : (Popov, 1989)

- Ditinjau dari sebelah kiri



Bila searah jarum jam maka menunjukkan (+), dan jika berlawanan arah jarum jam maka menunjukkan (-)

Gambar 2-10 Tinjauan Arah Sebelah Kiri

Sumber : (Popov, 1989)

Adapun rumus dari gaya secara umum adalah sebagai berikut :

$$F = m \cdot g$$

Dimana :

F = Gaya (N)

m = massa benda (kg)

g = gravitasi (9.81, m/s²)

2.4.3 Konsep Tegangan & Regangan

Dalam jurnal Muhammad Ainur Rozik dengan judul Perancangan Dan Analisis kekuatan Rangka Mesin Pasir Menggunakan *Autodesk Inventor 2019* di Universitas 17 Agustus 1945, pada tahun 2020 menyatakan konsep tegangan dan regangan sebagai berikut

1. Konsep Tegangan

Reaksi dari suatu gaya dalam menjaga dan mengembalikan bentuk dari suatu struktur akibat beban disebut tegangan, tegangan ini dibagi menjadi dua yaitu:

a. Tegangan Normal

Adalah tegangan yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan suatu struktur, adapu rumus dari tegangan normal adalah :

$$\sigma_{ij} = \frac{Fn}{A}$$

Dimana :

σ = tegangan normal rata-rata (N/mm²)

Fn = gaya normal yang bekerja (N)

A = luas bidang (mm²)

b. Tegangan geser

Berbeda dengan tegangan normal, tegangan geser bekerja sejajar terhadap permukaan dari suatu struktur, Adapun rumus tegangan geser adalah :

$$\tau_{ij} = \frac{Ft}{A}$$

Dimana :

τ = tegangan geser rata-rata (N/mm²)

Ft = gaya tangensial atau sejajar bidang yang bekerja (N)

A = luas bidang (mm²)

2. Konsep Regangan

Berubahnya suatu ukuran pada suatu struktur yang setimbang akibat gaya disebut dengan regangan. Regangan dapat disebut dengan perubahan bentuk dari suatu struktur menjadi lebih pendek, Panjang, kecil, besar dan lain sebagainya. Seperti halnya dengan tegangan regangan dibagi menjadi 2 yaitu:

a. Regangan Normal

Regangan normal adalah Perubahan Panjang tertentu dibagi dengan Panjang awal dari dari suatu struktur. Adapun rumus dari regangan normal adalah :

$$\tau_{ij} = FtA$$

Dimana :

ϵ_{ij} = regangan normal rata-rata

Δl = gaya tangensial atau sejajar bidang yang bekerja (N)

l = luas bidang (mm²)

b. Regangan Geser

Berbeda dengan regangan normal, regangan geser terjadi akibat perubahan sudut dalam radial, regangan geser memiliki nilai positif jika sudut pada kuadran I atau kuadran III mengecil.

2.4.4 Rumus Massa Jenis

Pada proses penelitian ini juga akan melakukan proses perhitungan Massa dan Volume untuk menentukan jumlah beban maksimal yang akan terisi pada *Biodigester/IBC Tamk*. Sehingga dapat mengetahui kekuatan dari troli nantinya serta untuk mempermudah proses perhitungan maka digunakan Rumus Massa Jenis untuk menghitung berat dari kotoran sapi, air maupun berat bersih dari *IBC Tank* berikut rumus massa jenis yang digunakan :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Dimana :

ρ = Massa Jenis kg/m^3

m = massa benda (kg)

V = Volume M^3

2.4.5 Menentukan Nilai *Safety Faktor* (SF)

Faktor keamanan adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan dari suatu produk itu terjamin keamanannya. Untuk perancangan produk permesinan sendiri faktor keamanan sangat penting karena akan digunakan sebelum benar-benar dapat mengeluarkan produk jadi, mulai dari bentuk serta material dari produk yang akan dirancang dan digunakan. Sedangkan untuk menentukan nilai-nilai faktor keamanan ada beberapa macam metode berdasarkan dari bentuk dan material yang digunakan ataupun dari jenis beban yang akan digunakan.

Untuk penelitian ini digunakan 2 acuan yang dikutip di dalam website (<http://libratama.com/faktor-keamanansafety-factor-dalam-perancangan-elemen-mesin/>). Pertama acuan dari *Joseph P Vidosic* dengan judul bukunya *Machine Desain Project* yang menentukan faktor keamanan berdasarkan titik tegangan luluh. Tegangan luluh sendiri merupakan suatu batas kemampuan dari material yang memiliki kekuatan dan luas penampang tertentu dalam menahan bentuk dari material tersebut agar tidak terjadinya perubahan bentuk (*deformasi*) yang tidak diinginkan. Titik luluh ini memiliki 2 tingkatan yang pertama adalah tidak boleh dilewati untuk produk-produk yang digunakan secara struktural atau tidak diharapkan perubahan bentuk dalam proses penggunaannya, sedangkan harus dilewati dalam proses manufaktur logam untuk mendapat bentuk yang diinginkan dari material yang di proses. Berikut tabel 1 yang menjelaskan mengenai nilai *safety faktor* (SF) menurut *Joseph P Vidosic* berdasarkan titik tegangan luluh :

Tabel 1 Faktor Keamanan Berdasarkan Tegangan Luluh
Sumber : (Vidosic, 1957)

No	Nilai SF	Kondisi
1	1.25 – 1.5	Beban terkontrol, tegangan sudah ditentukan dan bekerja dengan pasti.

2	1.5 – 2.0	material sudah diketahui, kondisi lingkungan beban dan tegangan bersifat tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3	2.0 – 2.5	Material yang digunakan beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban diketahui.
4	2.5 – 3.0	Material diketahui meskipun tanpa mengalami pengujian, kondisi beban dan tegangan berkerja secara rata-rata.
5	3.0 – 4.5	Material sudah diketahui, kondisi beban, tegangan dan lingkungan sangat tidak pasti.

Sedangkan untuk yang kedua adalah menentukan nilai SF berdasarkan jenis beban. Yaitu acuan dari *Dobrovolsky* di dalam bukunya yang berjudul *Machine Element* sebagai berikut :

- Jika Patokan adalah nilai dari *yield strength* digunakan,

$$SF = \text{yield strength} / \text{max von mises stress}$$
- Jika Patokan adalah nilai dari *ultimate tensile strength* digunakan,

$$SF = \text{ultimate tensile strength} / \text{max principal stress}$$

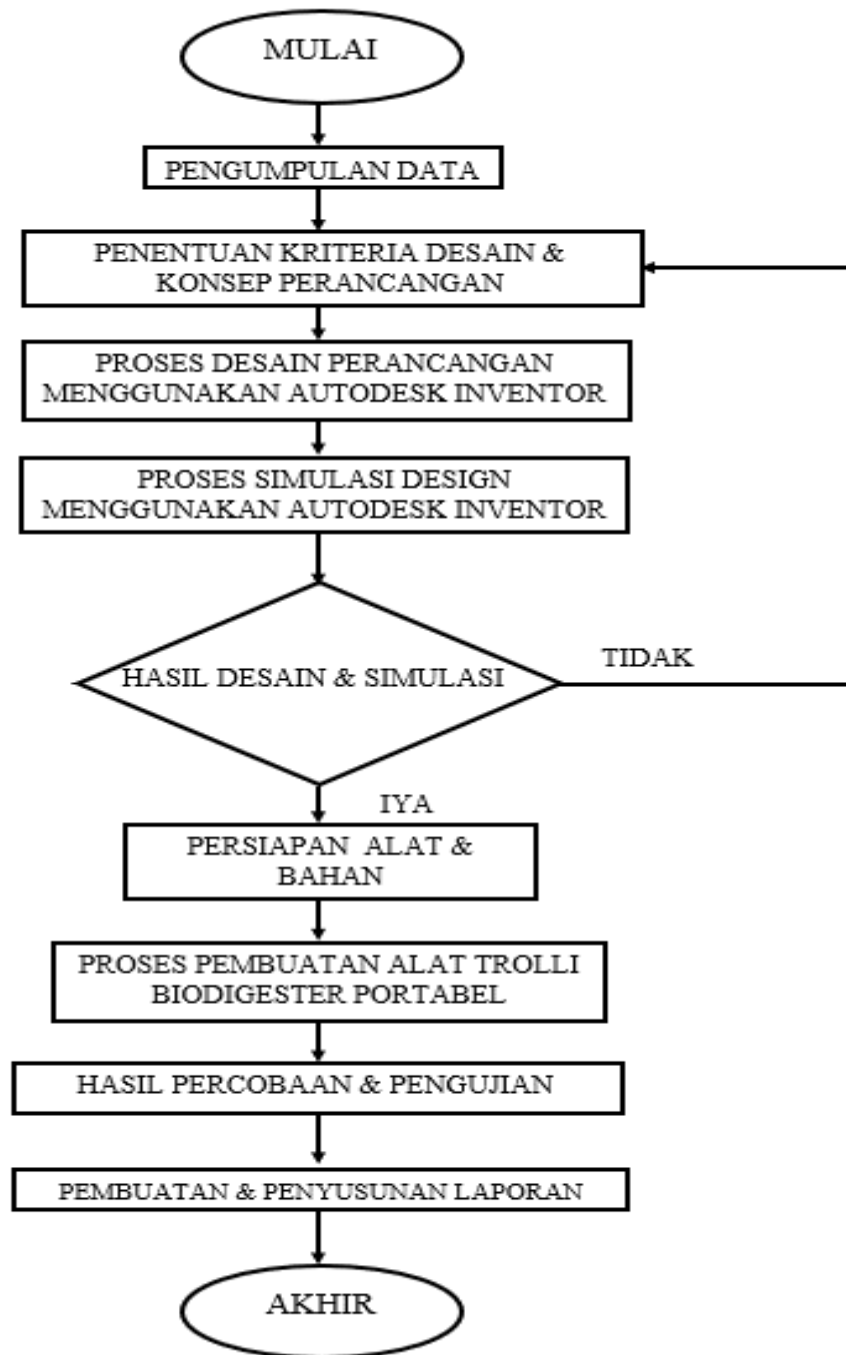
Berikut tabel 2 menunjukkan rentang *safety factor* (SF) berdasarkan jenis beban sebagai berikut :

Tabel 2 Faktor Keamanan Berdasarkan Jenis Beban
Sumber : (Dobrovolsky, 1978)

No	Jenis beban	Keterangan	Nilai SF
1	Statis	Bersifat tetap, baik besar intensitas beban serta titik dan arah kerja dari pembebanan.	1.25 – 2
2	Dinamis	Bersifat berubah, baik besar intensitas beban, titik dan arah kerja dari pembebanan.	2 – 3
3	Kejut	Bersifat berubah, besar beban dan titik arah kerja sulit diperkirakan (tidak terkontrol)	3 – 5

BAB 3 METODE DAN PROSES PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3-1 Diagram Alur Metodologi Penelitian
Sumber : Dokumentasi Sendiri

Alur diagram atau diagram alir merupakan gambaran yang berbentuk sebuah panduan dalam pengerjaan suatu penelitian sebelum mulai bertindak. Pada proses perancangan dibutuhkan suatu diagram alir yang diharapkan dapat mempermudah dalam pelaksanaan proses penelitian “**Perancangan & Pembuatan Model Troli Biodigester Portabel**” ini.

3.2 Teknik Pengambilan/Pengumpulan data

Pada sub-bab ini peneliti akan membahas teknik maupun langkah-langkah dalam hal pengumpulan data yang diambil, berikut teknik maupun langkah-langkah pengambilan data pada penelitian ini :

3.2.1 Studi Literatur

Dalam bertujuan untuk mendapatkan metode penelitian yang tepat sasaran dan efektif maka studi literatur merupakan salah satu cara dalam proses pengambilan atau pengumpulan data yang nantinya akan digunakan sebagai konsep dasar dari penelitian ini. Studi literatur ini berupa referensi-referensi serupa yang dapat menunjang penelitian tugas akhir ini selain masukan dari dosen pembimbing. Dengan studi literatur ini diharapkan dapat membantu penelitian dalam mendapatkan teori-teori dasar yang melandasi latar belakang serta pemecahan masalah yang ada dihadapi di lapangan, beberapa teori dasar tersebut bisa bersumber dari buku, website resmi, serta jurnal ilmiah.

3.2.2 Studi Lapangan

Untuk mendukung studi literatur yang ada perlu juga melakukan studi lapangan dengan melakukan survei di beberapa lokasi untuk melihat contoh dari jenis-jenis troli, mulai dari troli belanja, maupun troli pengangkut barang lainnya. Studi lapangan juga ini diharapkan dapat menjadi sarana dalam melakukan proses pendalaman teori. Selain melakukan survei contoh – contoh troli, selain melakukan survei terhadap contoh-contoh troli maka perlu juga melakukan survei terhadap objek masalah dari penelitian ini yaitu *IBC Tank* yang digunakan sebagai *Biodigester Portabel*.

3.3 Penentuan Konsep Rancangan

Penentuan konsep rancangan yang dimaksud pada penelitian ini merupakan kegiatan pemilihan kriteria desain serta mekanisme kerja alat yang diinginkan sesuai dengan tujuan serta dapat menjadi solusi yang tepat dan terbaik dalam pemecahan masalah khususnya pada penelitian ini yaitu **“Perancangan & pembuatan model Troli *Biodigester* Portabel”**

3.3.1 Kriteria Desain

Berdasarkan riset serta studi yang telah dilakukan maka dalam proses perancangan alat ini telah ditentukan kriteria desain yang dibutuhkan. Berikut beberapa kriteria desain yang akan digunakan dalam penelitian tugas akhir ini :

1. Troli memiliki kekuatan struktur yang baik.
2. Mudah dan aman dalam penggunaannya.
3. Tidak menggunakan komponen elektrik.
4. Desain bersifat mudah di bawa (portabel)
5. alat terintegrasi menjadi satu kesatuan dan tidak membutuhkan alat bantu lainnya dalam proses penggunaannya.

3.3.2 Mekanisme Alat

Mekanisme kerja alat yang dimaksud pada penelitian ini ialah cara-cara kerja dari komponen-komponen alat yang diinginkan dan pada penelitian ini. Mekanisme serta cara kerja alat alat ini terinspirasi dari dua perpaduan alat. Berikut kedua alat tersebut :

1. *Ambulance Strecher*



Gambar 3-2 Ambulance Stretcher
Sumber : Google Image

Mekanisme kerja yang dipilih dari *ambulance stretcher* ialah bagian lipatan kaki-kaki dan penyangga bawah, yang diharapkan dapat digunakan sebagai mekanisme kerja utama di perancangan troli *biodigester* portabel dimana nantinya kaki-kaki dan penyangga troli dapat dilipat sehingga memudahkan dalam proses menaikan dan menurunkan dari mobil *pick up*, dan mekanisme kerja dari kaki-kaki dan penyangga *ambulance stretcher* ini diharapkan dapat memenuhi kriteria desain yang telah dipilih

2. *Motorcyle lifting table*



Gambar 3-3 Motorcycle Lifting Table
Sumber : Google Image

Sedangkan dengan menggunakan mekanisme kerja penyangga dari *motorcyle lifting table* disini diharapkan dapat membantu mekanisme kerja dari lipatan penyangga dan kaki-kaki troli terutama dalam memperhatikan distribusi beban, keseimbangan dan keamanan dalam penggunaan troli *biodigester* portabel ini. Dengan memperhatikan mekanisme kerja dari *motorcyle lifting table* yang menggunakan donkrak hidrolik yang terintegrasi dan distribusi beban yang baik

sehingga bisa menahan beban yang cukup besar diharapkan dapat memenuhi kriteria desain yang diinginkan pada perancangan troli *biodigester* portabel ini

3. Erection Crane



Gambar 3-4 Climbing Frame On Tower Crane
Sumber : Google Image

Salah satu opsi lain dari mekanisme kerja dari kaki-kaki penyangga adalah dengan menggunakan konsep dari *climbing frame* dari sebuah *tower crane* dimana alat ini dapat membantu *crane* untuk membangun dan menambah ketinggian dari *crane* itu sendiri secara mandiri. Dan konsep ini sangat bisa digunakan sebagai alternatif sebagai mekanisme kerja khususnya pada proses *lifting* troli pada kaki-kaki penyangga.

3.4 Proses Desain Alat

Setelah melakukan analisis studi literatur, mengambil data-data pendukung lalu menentukan mekanisme dan prinsip kerja yang dibutuhkan maka tahap selanjutnya ialah proses pendesainan alat. Tahap ini adalah tahap penting karena menjadi perantara antara analisis pengambil data yang telah dilakukan dengan proses pabrikasi alat. Pada proses pendesaian alat ini dimulai dari pemilihan alat bantu atau *software* yang digunakan, proses desain komponen alat, serta proses *assembly* komponen-komponen yang akan digunakan dalam perancangan troli *biodigester* portabel. Bentuk keberhasilan dari proses desain ini ialah bentuk desain memiliki ukuran yang pas dan tidak adanya masalah pada proses penggabungan/*assembly* komponen-komponen alat serta berfungsinya mekanisme kerja alat sesuai yang diharapkan.

3.4.1 Alat Bantu Desain yang Digunakan




Gambar 3-5 Autodesk Inventor 2020
Sumber : <https://knowledge.autodesk.com/>

Dalam proses pendesainan alat maka dibutuhkanlah sebuah aplikasi/*software* yang dapat mendukung proses desain itu sendiri. Dalam penelitian ini menggunakan sebuah aplikasi yang sangat terkenal yaitu *Autodesk Inventor 2020*, alasan memilih menggunakan *software* ini dikarenakan lebih menguasai ini dalam penggunaannya dibanding *software* lainnya. Serta pada penggunaannya *software* ini didapatkan secara gratis yang telah diberikan oleh pihak jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia. Dengan menggunakan *software* original dan bukan bajakan ini, maka dapat mendukung kredibilitas dari penelitian ini.

3.4.2 Dimensi *IBC Tank* 1000 liter

Dikarenakan penelitian ini mengacu pada *biodigester* yang menggunakan *IBC Tank* dengan kapasitas 1000 liter, oleh karena itu desain troli juga akan menyesuaikan dimensi *IBC Tank* dengan kapasitas 1000 liter yang ada di pasaran dengan dimensi ditunjukkan pada gambar sebagai berikut :

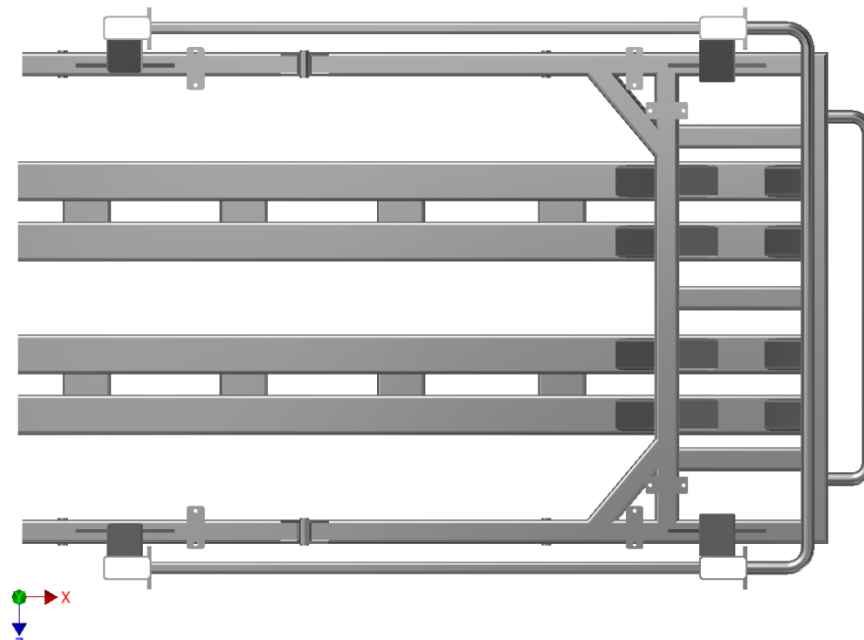
1000Litres IBC tank specifications					
Item name		1000L Intermediate Bulk Container			
Goods description		1000L Intermediate Bulk Container, steel tray, DN50 ball valve/butterfly valve/DN80 butterfly valve, Vent caps/blank cap			
Model No.		QN-1000L			
		Structure			
		Nominal/brimful capacity (L)		1000	
		Check and ratify the weight (kg)		58±2	
		Stacking test weight (kg)		4056	
		Max.Allowable weight (kg)		2013	
		Max.Allowable density (g/m)		1.9	
		Inner container			
		Material		TR580M/4570UV/4261AG UV60005	
		Production Technology		Extrusion and Blow molding	
		Inner container weight(kg)		15.5±1	
Top thread type/thread pitch(mm)		SLCS160	7		
Filling caliber (mm)		142			
Top cap					
Vent cap		blank cap			
Sealing gasket material		EPDM/EVA(inner cap)			
Venting device(optional)		vent plug/Two-way breathable membrane			
Drain valve					
Types		DN50 ball valve/butterfly valve/DN80 butterfly valve			
Material		PE/PP/ETFE			
Sealing gasket material		PE/FKM/EPDM			
Inner Diameter(mm)		50			
Outfall thread type/thread pitch(mm)		SCCS60	6		
Tray					
Material		Galvanized steel DC53D			
Production Technology		Stamping process			
Casting					
Material		Galvanized steel DC53D			
Production Technology		Steel pipe welding, Bend molding and assembly			
Others					
Note: Please make sure the compatibility of the built-in liquid and packaging container, we can provide the corresponding sealing material for choice		The valve switch insurance, Safety cover, Safety cover sealing, filling bend pipe, operating manua, certificate of quality, Ect.			
Please note above data only represent the product slate that the specification table made date, if there is any new, please refer to the actual data.					

Gambar 3-6 Spesifikasi IBC Tank 1000 liter
Sumber : (Qinuo, 2021)

Sedangkan adapun untuk ukuran palet sendiri ini bergantung pada merk dan jenis *IBC Tank* 1000 liter yang digunakan untuk ukuran lobang palet/*fork hole* sendiri rata-rata sangat bisa bervariasi, dan pada penelitian ini ukuran *fork hole* sendiri minimal memiliki lebar 680 mm dengan tinggi 80 mm serta jika ada tiang pada bagian tengahnya maka lebarnya tidak melebihi dari 180 mm. adapun untuk rata-rata produk dipasaran ada di ukuran palet/ *Fork Hole* adalah lebar 700 - 760 mm dengan tinggi 90 - 100 mm. Sehingga pada penelitian ini nantinya ukuran *forklift* dari troli *biodigester* ini akan menyesuaikan rata-rata produk *IBC Tank* 1000 liter yang ada dipasaran dengan ukuran minimal.

3.4.3 Desain Komponen Alat

1. Rangka Utama Troli



Gambar 3-7 Tampak Atas Desain Rangka Utama Troli

Sumber : Hasil Desain

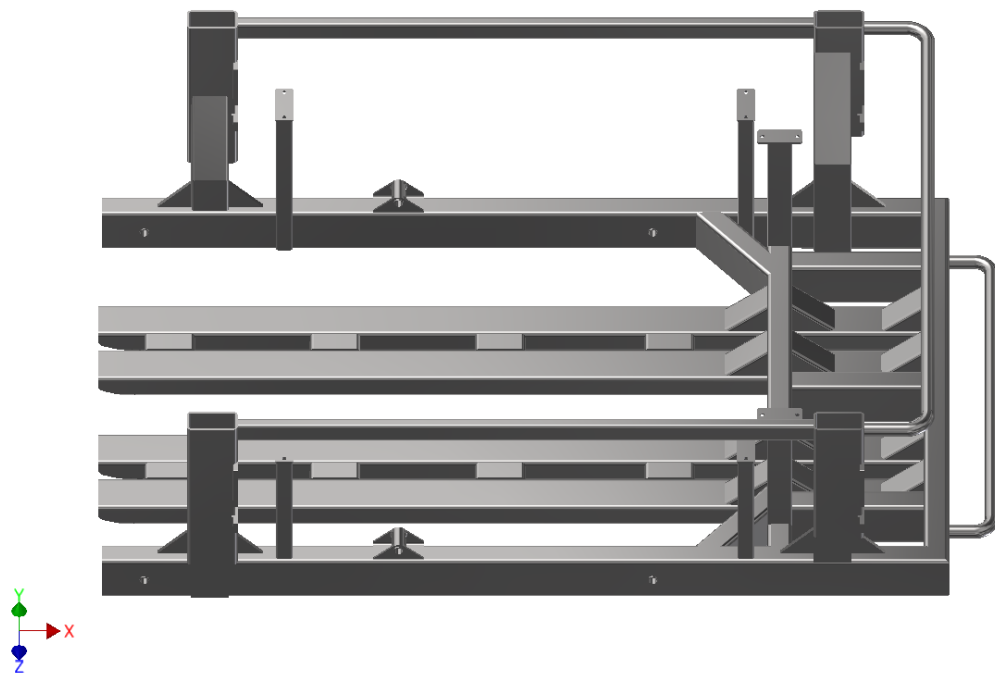
Memperhatikan pada gambar 3-7 diatas maka pada proses desain dari perancangan Rangka Utama Troli perlu memperhatikan ukuran yang sesuai dengan bentuk dari *IBC Tank* yang digunakan sebagai *Biodigester*. Rangka Utama dari troli ini juga diharap dapat digunakan beberapa jenis *IBC Tank* kapasitas 1000 liter yang ada di pasaran ini dikarenakan ukuran-ukuran *IBC Tank* yang ada di pasaran sangatlah variatif bentuk dan ukurannya. Selain memperhatikan ukuran dari Objek yang akan di angkut yaitu *Biodigester/IBC Tank*, maka perlu juga memperhatikan tempat-tempat serta ukuran yang tepat untuk dudukan bagi roda, engkol roda, tuas penggerak, batang penyambung antar tuas, dan sebagai wadah utama untuk memudahkan dan menjaga kaki-kaki tetap stabil sehingga kuat dalam menahan beban mekanisme gerak dari proses *lifting* yang akan dilakukan oleh kaki-kaki troli. Ukuran yang digunakan dari Rangka Utama secara keseluruhan ialah dapat dilihat pada tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3 Dimesi Keseluruhan Rangka Utama Troli

Sumber : Hasil Pengukuran

Dimensi Keseluruhan Rangka Utama Troli	
Panjang	2.100 mm

Lebar	1.210 mm
Tinggi	640 mm
Panjang <i>Fork</i>	1.570 mm
Lebar <i>Fork</i>	250 mm
Tinggi <i>Fork</i>	60 mm
Lebar Antar <i>Fork</i>	680 mm
Jarak Antar <i>Fork</i>	180 mm
Panjang Pegangan Bawah	900 mm
Panjang Pegangan Atas	1.340 mm
Diameter Pegangan	33 mm



Gambar 3-8 Tampak Samping Desain Rangka Utama Troli

Sumber : Hasil Desain

Dalam proses desainnya maka dibutuhkan juga dalam menentukan material-material sesuai dengan Kriteria Pemilihan Bahan & Material yang dibahas pada bab 2.3.1, adapun beberapa opsi – opsi dari material yang bisa digunakan adalah :

- a. *Steel mild* (baja karbon)

Dalam proses pemilihan material baja karbon adalah salah satu material yang sudah sering digunakan untuk berbagai macam komponen mulai dari

komponen mesin hingga konstruksi bangunan, baja karbon juga banyak digunakan oleh berbagai macam troli yang sudah ada dipasaran. Baja karbon sendiri adalah salah satu jenis baja yang memiliki paduan unsur besi (Fe) dengan unsur karbon (C) sebagai unsur utamanya. Selain kuat dan mudah dibentuk (tergantung nilai unsur karbon) baja karbon juga mudah ditemukan dipasaran secara umum serta harganya cukup terjangkau akan tetapi memiliki kekurangan yaitu tidak tahan karat.

b. *Stainless steel* (baja Nirkarat)

Baja Nirkarat atau yang lebih sering dikenal dengan *stainless steel* adalah sama dengan baja karbon akan tetapi baja karbon yang ditambah unsur nikel (Ni) dan unsur Kromium (Cr) agar baja karbon menjadi anti karat, mudah dibersihkan dan menjadi lebih kuat. Karena keunggulannya itu *stainless steel* banyak digunakan sebagai bahan alat masak hingga sebagai alat kesehatan, akan tetapi karena keunggulannya itu juga *stainless steel* menjadi salah satu jenis baja yang sangat mahal. *Stainless steel* pun cukup bervariasi tergantung dari kekuatan dan kegunaanya, dan jika ingin membutuhkan kekuatan yang lebih maka *Stainless steel* yang telah di modifikasi dengan nilai batas titik luluh yang besar merupakan pilihan yang tepat.

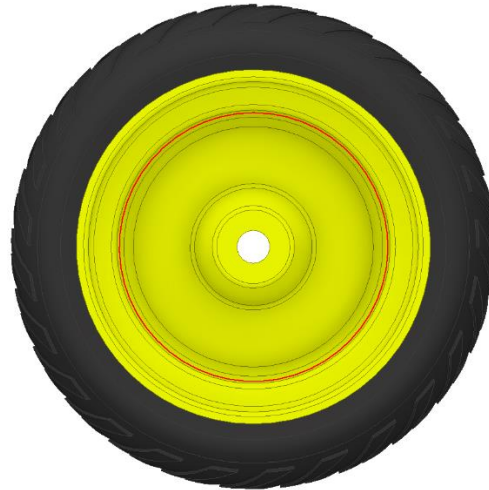
c. *Galvanis Steel* (Baja galvanis)

Baja galvanis adalah baja karbon yang pada proses pembuatannya ditambah unsur Zinc (Zn) sebagai pelapis permukaan dari baja karbon yang telah dibuat dengan alasan untuk perlindungan terhadap korosi. Dikarenakan prosesnya yang lebih mudah dan penambahan unsur zinc yang tidak terlalu mahal maka baja galvanis menjadi salah satu jenis baja yang mampu digunakan di dalam lingkungan korosif dengan harga paling terjangkau. Akan tetapi dibanding *stainless steel*, baja galvanis tidak dapat bertahan lama di lingkungan yang korosif.

Mengacu dari beberapa opsi material diatas maka dalam proses perancangan dan pembuatan troli *biodigester* portabel ini, maka dipilih besi hollow dengan material baja karbon atau *steel mild* sebagai material utama dengan ketebalan 5 mm dan 10 mm. Ini dikarenakan bentuk dan jenis material ini harga dan bahannya lebih terjangkau dipasaran serta memiliki kekuatan yang masih

cukup baik untuk sebuah troli. Adapun dikarenakan baja karbon sangat mudah berkarat (korosi) maka bisa diatasi dengan memberi lapisan cat besi maupun anti karat ke permukaan baja karbon.

2. Desain Roda-Roda Troli



Gambar 3-9 Desain Roda 8 Inch
Sumber : Hasil Desain

Roda digunakan dalam memudahkan dalam memindahkan atau menggeser sebuah benda dan telah menjadi komponen utama di semua jenis troli. Sedangkan pada perancangan ini Troli *biodigester* portabel ini akan menggunakan 8 Roda dengan ukuran roda 8 inch dengan lebar tapak antara 60 – 65 mm (menyesuaikan dengan bentuk yang ada dipasaran). Serta material dari roda juga akan mengikuti pada produk – produk roda yang mudah ditemukan di pasaran lokal, sehingga tidak menyulitkan dalam proses perancangan serta akan lebih memudahkan dalam mengganti jika terjadi kerusakan pada roda.

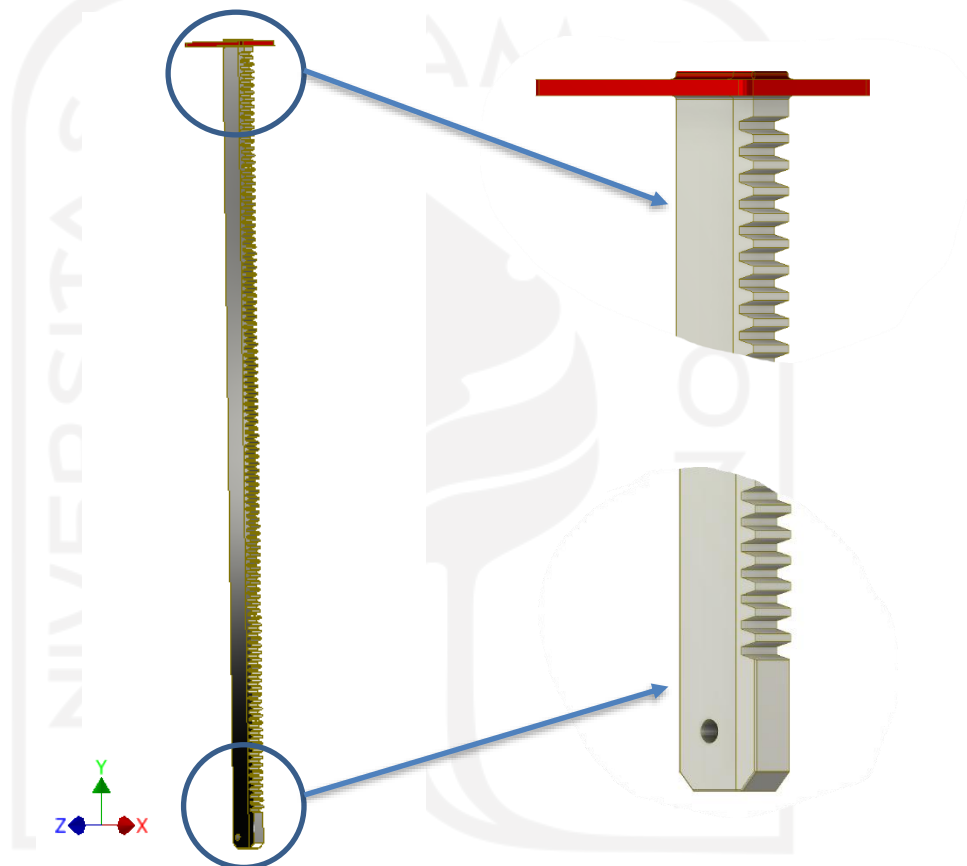
3. Desain *Rack & Pinion*

Pada proses desain Troli *Biodigester* ini memutuskan menggunakan konsep seperti *Erection crane* dimana dalam proses *liftingnya* ialah secara Linear ke arah vertical dan tidak menyilang sedangkan untuk mekanisme *liftingnya* sendiri ialah menggunakan metode *Rack & Pinion* yang terintegrasi langsung dengan kaki-kaki troli sehingga tidak membutuhkan bantuan donkrak dalam proses *liftingnya*. Pada fungsinya sendiri *Rack* akan menjadi jalur gerak yang terdiri dari gigi – gigi berbentuk linear sedangkan *Pinion* akan menjadi roda – roda gigi yang akan melintasi *Rack* sehingga proses ini akan mentransformasi gerakan rotasi menjadi

gerakan linear. *Rack & Pinion* cukup stabil saat digerakkan, mampu menahan beban berat tentunya ini juga tergantung dimensi dari pitch gigi dan ukuran roda gigi *Pinion* serta mudah dalam penggunaannya. Berikut Dimensi dari *Rack & Pinion*, *Bevel Gear* serta *Joint Gear* lainnya pada kaki-kaki Troli ini :

a. Dimensi *Rack*

Gambar 3-10 dibawah ini merupakan gambar desain dari *Gear Rack* pada perancangan troli *biodigester* portabel ini :



Gambar 3-10 Desain *Rack*

Sumber : Hasil Desain

Adapun ukuran dimensi dari desain *Gear Rack* pada gambar 3-10 diatas dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini :

Tabel 4 Dinensi Keseluruhan *Rack*

Sumber : Hasil Pengukuran

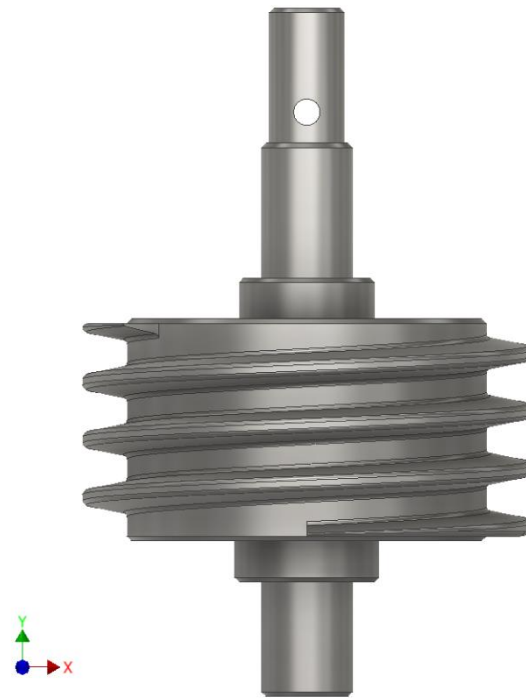
Dimensi Keseluruhan <i>Rack</i>	
Panjang Batang <i>Rack</i> Depan/Belakang	1.487/1.345 mm
Tebal Batang	15 mm

Lebar Batang <i>Rack</i> Depan/Belakang	50 mm
Tebal Gigi	9 – 10 mm
Tinggi Gigi	10 mm
Jarak Antar Gigi Dalam	4 – 5 mm
Sudut <i>Pitch</i>	28 – 30 derajat
Luas Area Kontak	257 – 260 mm ²
Lingkaran Luar Antar <i>Pitch</i>	9 – 10 mm
Jarak Antar Gigi Luar	9 -10 mm

Adapun material yang digunakan pada desain *Rack* ini adalah sama dengan material yang digunakan oleh rangka utama yaitu *steel mild* (baja karbon) akan tetapi jika diinginkan kekuatan yang lebih besar dan ketahanan pada korosi maka *stainless steel* dapat digunakan sebagai material dari *rack*, ini tentunya menyesuaikan jenis *stainless steel* apa yang ingin digunakan tergantung dari kekuatan yang dibutuhkan.

b. Dimensi *Pinion*

Pada proses pendesainan *Pinion*, digunakan pitch dengan model gigi berbentuk seperti ulir, meskipun sulit dalam proses pembuatannya akan tetapi model gigi berbentuk ulir ini lebih kuat dalam menahan beban, dan lebih cocok untuk diaplikasikan pada perancangan Troli *Biodigester* ini tentunya karena mendistribusikan gerak putar arah *vertical* ke gerak linear arah *vertical* serta pada *Pinion* ini juga akan menjadi penahan beban ketika troli sedang dalam proses *lifting*, untuk gambar desain *pinion* dapat dilihat pada gambar 3-11 dibawah ini.



Gambar 3-11 Desain Join Gear Pinion

Sumber : Hasil Desain

Sedangkan untuk material yang digunakan adalah *steel mild* (baja karbon) dan jika membutuhkan kekuatan lebih dan ketahanan terhadap korosi maka sama dengan *rack*, *Pinion* juga dapat menggunakan material *stainless steel*. Berikut penjelasan ukuran *pinion* pada tabel 5 dibawah ini :

Tabel 5 Dimensi Pinion

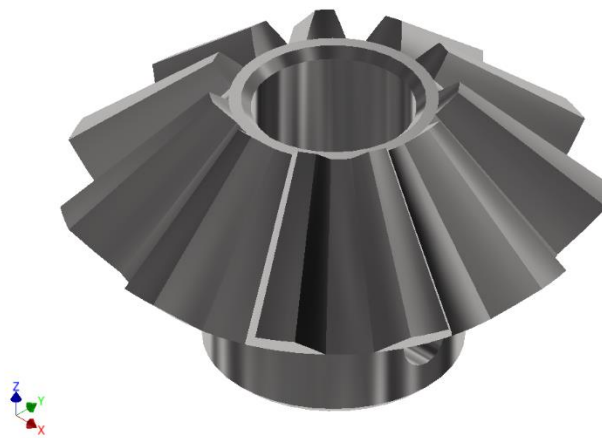
Sumber : Hasil Pengukuran

Dimensi Keseluruhan <i>Pinion</i>	
Panjang Batang	155 mm
Diameter Poros	20 – 21 mm
Diameter Dalam	69 – 71 mm
Diameter Luar	diameter dalam + 10 -12 mm
Jumlah Lingkaran <i>Pitch</i>	4
Tinggi Total <i>Pitch</i>	50 mm
Jarak Antar <i>Pitch</i>	13 mm
Tebal Bawah <i>Pitch</i>	7 mm
Tebal Atas <i>Pitch</i>	3 mm
Lebar <i>Pitch</i>	20 mm

Dengan menggunakan *Pinion* dengan material *steel mild* (baja karbon) dengan dimensi *Pinion* diatas maka diharapkan masih mampu menahan beban tidak kurang dari 500 kg setiap *Pinionnya*. Ini dikarenakan *Rack* dan *Pinion* akan menjadi bagian utama dalam menahan beban dari troli khususnya ketika dalam proses *lifting* dari troli. Adapun jika material *steel mild* tidak mampu menahan beban tersebut maka ada dua opsi yang perlu dilakukan ketika dalam proses perancangan yaitu menambah ukuran dari *Rack* dan *Pinion* atau mengganti material *Rack* dan *Pinion* yang lebih kuat dan keras dari baja karbon seperti *stainless steel*.

4. *Bevel Gear*

Pada perancangan desain troli *biodigester* portabel ini juga menggunakan *Bevel gear*, yang dimana *Bevel gear* pada troli biosgester ini akan berfungsi sebagai distributor dan merubah arah putaran dari Tuas putar (aktuator/sumber gaya) ke *join gear Pinion* serta yang akan menyambungkan dan mendistribusikan gaya dan arah putaran antara satu Tuas Putar ke Tuas Putar lainnya.



Gambar 3-12 Desain *Bevel Gear*

Sumber : Hasil Desain

Adapun dalam perancangan dari troli *biodigester* portabel ini menggunakan 16 buah *Bevel gear* dengan ukuran yang ditunjukkan pada tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6 Dimensi Desain *Bevel Gear*

Sumber : Hasil Pengukuran

Dimensi <i>Bevel Gear</i>	
Panjang Batang	20 mm
Panjang Total	30 – 31 mm
Diamater Lobang Poros	19 – 20 mm

Diamater Luar	27 – 30 mm
Tebal Gigi	8 – 9 mm
Panjang Gigi	20 mm
Jarak Antar <i>Pitch</i>	4 – 5 mm
Tebal Bawah <i>Pitch</i>	8 – 9 mm
Tebal Atas <i>Pitch</i>	4 mm
Luas Area Kontak Gigi	105 mm ²

untuk memudahkan pada proses perancangannya model troli *biodigester* ini, maka *Bevel gear* ini akan tetap menyesuaikan dengan ukuran standar yang ada dipasaran akan tetapi tidak jauh berbeda dengan ukuran yang ada pada desain. Sehingga material dan ukuran tertentu dari *Bevel Gear* ini akan mengikuti dengan produk – produk *Bevel gear* yang mudah ditemukan dipasaran.

5. Kaki – Kaki

Sebagai komponen terpenting pada perancangan & pembuatan model troli *biodigester* portabel ini, komponen kaki – kaki akan digunakan sebagai :

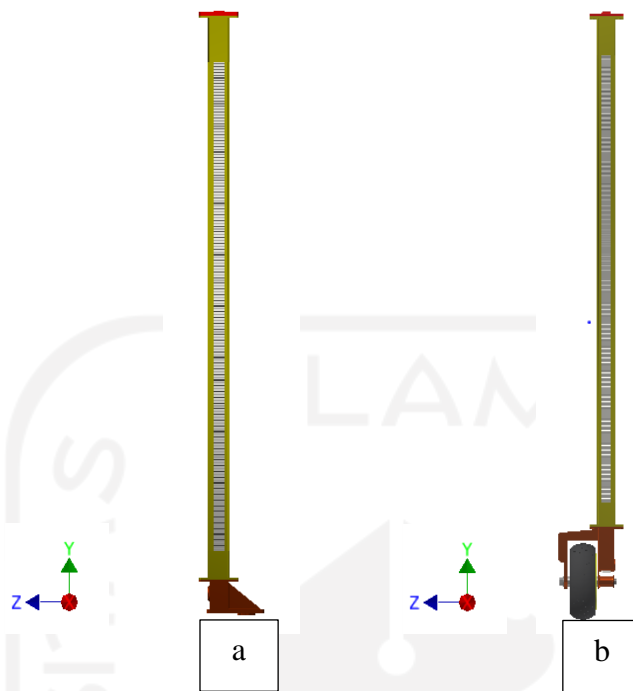
- a. Tumpuan utama bagi troli *biodigester* portabel ini.
- b. Sebagai tempat dan dudukan bagi roda, dan (*Rack & Pinion*)
- c. sebagai *lifter* yang akan menurunkan dan menaikkan troli *biodigester* portabel ini.

pada perancangannya material kaki-kaki yang digunakan nantinya akan sama menggunakan dengan material yang digunakan pada rangka utama troli begitupun dengan dudukan roda serta dudukan dari *Rack & Pinion*. Adapun ukuran dari kaki-kaki ini ditunjukkan pada tabel 7 sebagai berikut :

Tabel 7 Dimensi Kaki-Kaki Troli

Sumber : Hasil Pengukuran

Dimensi Kaki – Kaki	
Panjang Batang Kaki Depan/Belakang	1.375/1.292 mm
Panjang Kaki Depan/Belakang Dengan Dudukan Roda	1.541/1.370 mm
Lebar Batang	93 – 95 mm
Lebar Total	150 mm



Gambar 3-13 Desain Kaki Troli bagian a (depan), b(Belakang).

Sumber : Hasil Desain

6. Tuas Penggerak



Gambar 3-14 Tuas Penggerak

Sumber : Hasil Desain

Tuas penggerak pada perancangan dari troli *biodigester* portabel ini akan menjadi aktuar yang akan menghubungkan pengoprasi troli ke troli itu sendiri, tuas penggerak disini akan membantu dalam menggerakkan *Bevel gear* serta *Rack & Pinion* sehingga kaki-kaki bisa akan bergerak naik turun serta sebagai penggerak dari menaikkan dan menurunkan 4 roda yang ada tengah bagian troli. Adapun material juga digunakan sama dengan material yang digunakan pada rangka utama,

ini karena dianggap material tersebut cukup kuat dan bisa menggunakan ukuran yang tidak terlalu besar, serta pada proses perancangannya tidak menutup kemungkinan jika bagian yang digenggam oleh tangan ditambah dengan lapisan berbahan karet sehingga tidak licin dan tidak mudah melukai tangan. Berikut tabel 8 menunjukan ukuran dimensi dari tuas penggerak :

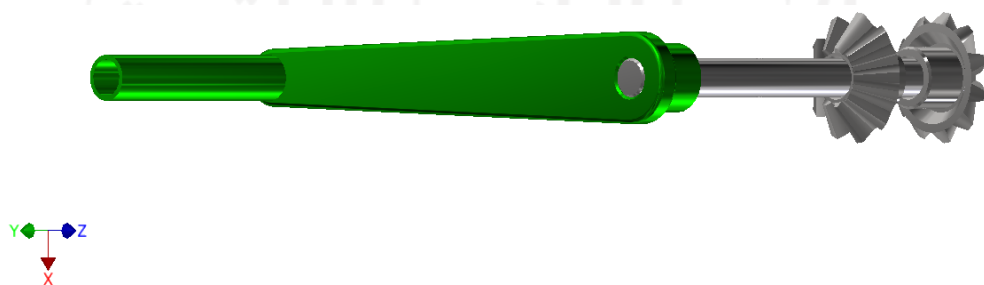
Tabel 8 Dimensi Tuas Penggerak
Sumber : Hasil Pengukuran

Dimensi Tuas Penggerak	
Panjang Batang Pegangan Tangan	63 mm
Dimensi Batang Pegangan Tangan	20 mm
Diamater Poros Penghubung	19-20 mm
Tebal Batang Penghubung	8 – 10 mm
Panjang Batang Penghubung	220 mm
Diamater Bawah Batang Penghubung	40 mm
Diamater Atas Batang Penghubung	25 mm

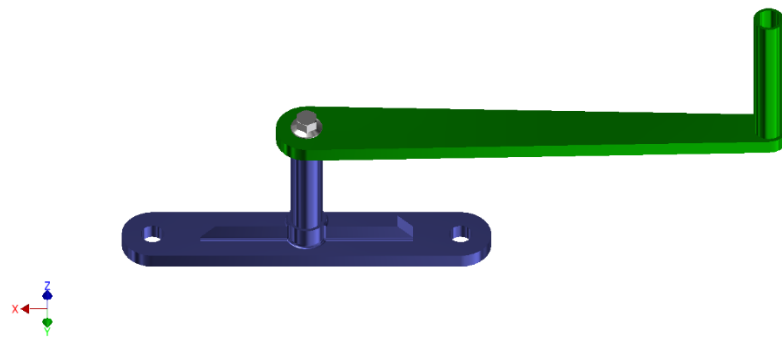
Sesuai dengan keterangan diatas bahwasanya Tuas Penggerak ini akan menggerakkan bagian penting dari perancangan troli *biodigester* ini, berikut beberapa bagian yang akan terhubung langsung antara tuas penggerak dengan beberapa bentuk penyambung yang berbeda :



Gambar 3-15 Tuas Penggerak Gear pada kaki-kaki bagian depan kiri troli
Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-16 Tuas Penggerak Gear pada kaki-kaki bagian depan kanan troli
Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-17 Tuas Penggerak penghubung engkol Pada Roda tengah
 Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-18 Tuas Penggerak Gear Pada Kaki-Kaki Bagian Belakang Troli
 Sumber : Hasil Desain

7. Batang Penyambung



Gambar 3-19 Batang Penyambung
 Sumber : Hasil Desain

Untuk memudahkan proses distribusi gaya maka digunakan batang penyambung, batang penyambung ini akan memiliki fungsi utama untuk menyambungkan dari tuas penggerak ke tuas penggerak lainnya, sehingga pada pengoperasiannya sangat direkomendasikan minimal dengan 2 operator terutama ketika melakukan proses *lifting* troli. Untuk penggunaannya akan ada 4 buah batang penyambung yang menghubungkan antar tuas sekaligus membantu dalam memutar *gear-gear* yang ada pada *Rack & Pinion* serta pada *Bevel gear*. Berikut ukuran dari batang penghubung secara umum yang ditunjukkan pada tabel 9 dibawah ini :

Tabel 9 Dimensi Batang Penghubung
 Sumber : Hasil Pengukuran

Dimensi Batang Penghubung	
Diamater Tengah	20 mm

Diamater Bagian Ujung	17 mm
Panjang Total :	
1. Batang Penghubung Tuas Penggerak Bagian Belakang	1.565 mm
2. Batang Penghubung Tuas Penggerak Bagian Depan	1.108 – 1.110 mm

Poros engkol roda disini sala satu part yang akan menjadi penggerak serta penghubung ke roda bantu tengah, sehingga roda bantu tengah nantinya bisa naik serta turun. Roda bantu tengah ini sendiri berfungsi untuk membantu distribusi beban ke ke roda-roda yang ada di kaki-kaki sehingga nantinya diharapkan bisa lebih ringan pada saat troli digeser.



Gambar 3-20 Poros Engkol Roda

Sumber : Hasil Desain

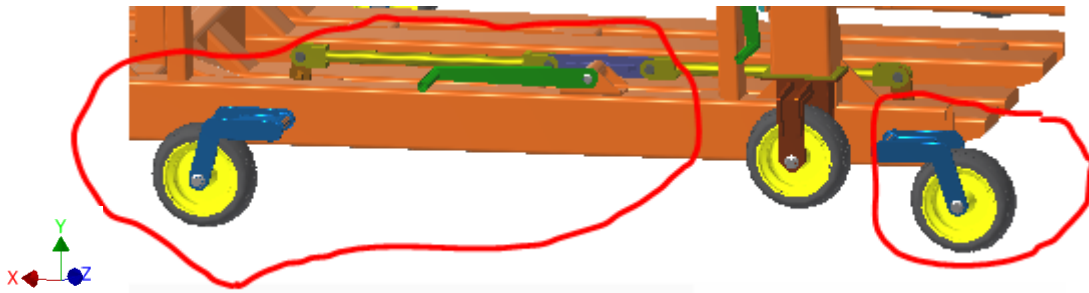
Poros engkol Roda ini juga nantinya bisa menggunakan material yang sama dengan material rangka utama yaitu baja karbon, sehingga dapat menghemat material serta memang materil tersebut sudah cukup kuat. Berikut ukuran dari poros engkol roda secara umum yang ditunjukkan pada tabel 10 dibawah ini :

Tabel 10 Dimensi Poros Engkol Roda

Sumber : Hasil Pengukuran

Dimensi Poros Engkol Roda	
Panjang Total	530 mm
Diamater Batang Tengah	25 mm
Diamater Dudukan	
Lubang Baut Sambungan	15 mm
Panjang	70 mm
Lebar	40 mm
Tebal	30 mm

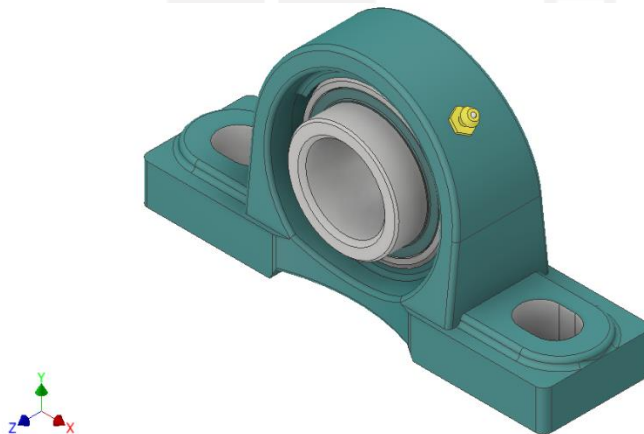
Adapun yang dimaksud dari roda-roda bantu tengah troli sebagai gambar dibawah berikut :



Gambar 3-21 Posisi Roda Bantu Tengah

Sumber : Hasil Desain

8. *Pillow Block Bearing*



Gambar 3-22 *Pillow Block Bearing*

Sumber : Hasil Desain

Pillow Block Bearing merupakanudukan dan alas yang sering digunakan dalam membantu dan mendukung dari suatu poros, *Pillow Block Bearing* memiliki 2 komponen penting yaitu bagian bantalan statis dan bagian yang memiliki cincin berputar. Prinsip kerjanya sederhana yaitu membantu pergerakan dari poros tanpa menggerakkan benda-benda yang ada disekitar poros.

Sedangkan untuk penelitian ini sesuai dengan fungsinya *Pillow Block Bearing* akan digunakan untuk membantu dalam memutar poros penghubung antara tuas depan dan penghubung antara tuas belakang. Sedangkan untuk dimensi dan material yang digunakan akan menyesuaikan yang ada di pasaran begitupun dengan material yang digunakan. Ini dikarenakan sudah sangat banyak pasar yang menjual *Pillow Block Bearing* dengan berbagai bentuk ukuran dan model. adapun dimensi umum

dari *Pillow Block Bearing* yang dibutuhkan sesuai dengan hasil desain ditunjukkan pada tabel 11 dibawah ini sebagai berikut :

Tabel 11 Dimensi Umum *Pillow Block Bearing*

Sumber : Hasil Pengukuran

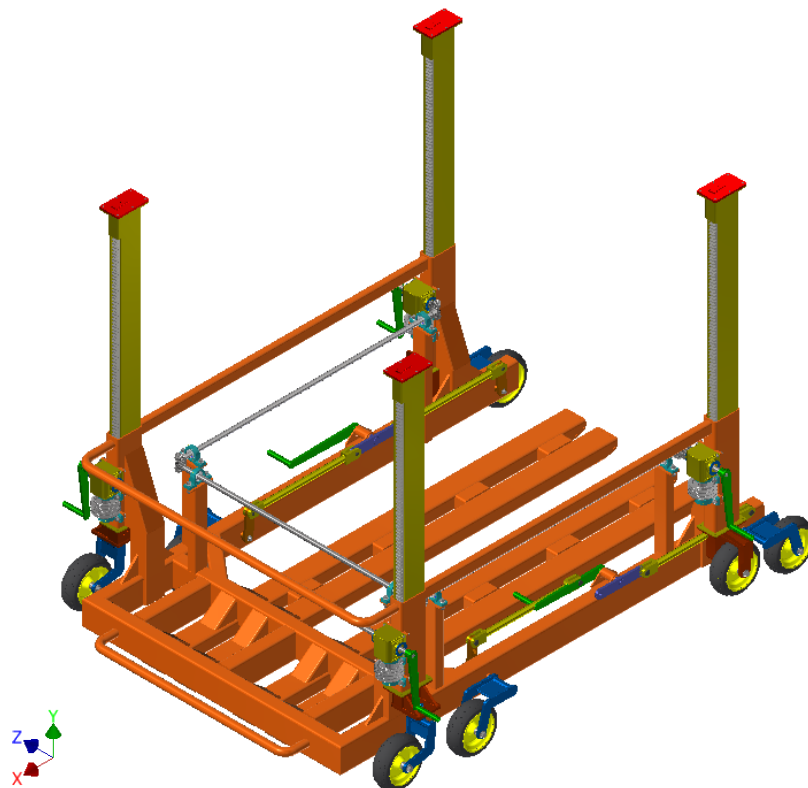
Dimensi <i>Pillow Block Bearing</i>	
Panjang Total	105-107 m
Diamater Poros Cincin Putar	20-21 mm
Tebal	10 – 12 mm
Tinggi Total	55-57 mm
Lebar	28 – 30 mm

3.4.4 *Assembly* Alat dan Hasil Desain Alat

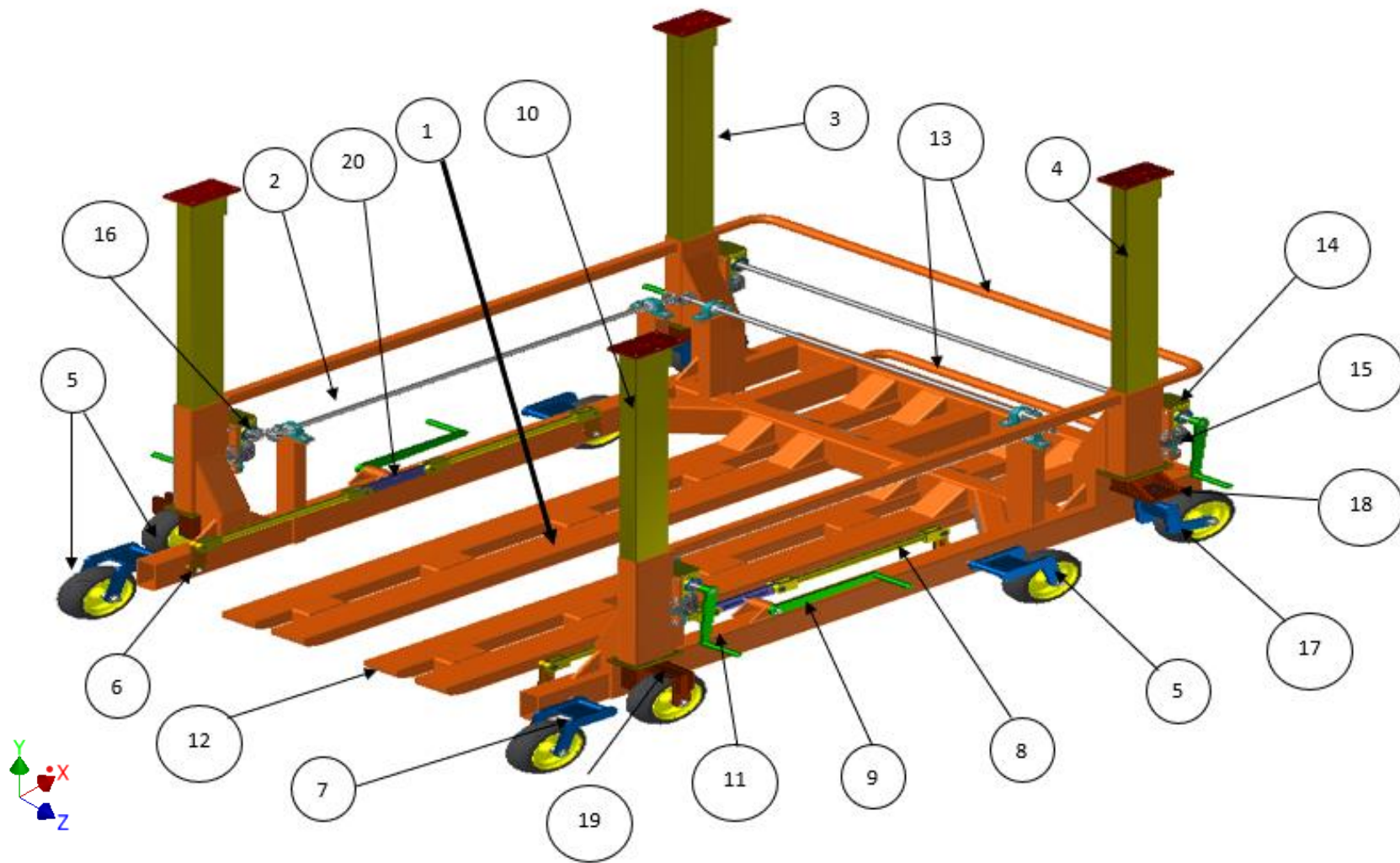
Setelah melakukan proses pendesainan komponen-komponen alat selanjutnya adalah melakukan proses *assembly* alat. Proses ini adalah proses penggabungan dari semua komponen yang telah di desain sebelumnya menjadi satu kesatuan bentuk desain, yang pada penelitian ini dimaksud adalah bentuk utuh dari troli *biodigester* portabel yang dirancang. Proses ini adalah inti dari proses desain karena akan menentukan apakah setiap komponen alat sudah sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sebelumnya, proses ini juga menentukan hasil dari pengujian alat yang akan dilakukan jika hasil *assembly*nya kurang baik maka hasil dari pengujiannya juga tidak akan sempurna.



Gambar 3-23 *Assembly* Struktur Kaki-Kaki Tanpa Rangka Utama
 Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-24 Hasil *Assembly* Dari Desain Troli *Biodigester* Portabel
 Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-25 Bagan Part Dan Komponen *Assembly* Troli *Biogester* Portabel
 Sumber : : Hasil Desain

Adapun gambar diatas adalah *Assembly* dari beberapa part menjadi troli *biodigester* portabel yang telah dirancang bersama keterangan dari daftar beberapa komponen-komponen utama. Berikut tabel 12 menunjukkan daftar komponen dari keterangan nomor pada gambar 3-25 diatas :

Tabel 12 Daftar Part Dan Komponen Troli *Biodigester* Portabel
Sumber : Hasil Desain

Daftar Part Dan Komponen	
No Part	Nama Part
1	Rangka Utama Troli
2	As-Join 1 (Penghubung Antar Tuas Depan)
3	<i>Rack</i>
4	Cover <i>Rack</i>
5	Roda Troli
6	<i>Bracket</i> Gerak Tuas Ke Roda Tengah
7	Dudukan Roda Depan & Tengah (Kanan & Kiri)
8	Engkol Roda Tengah
9	Tuas Penggerak Roda Tengah
10	<i>Pillow Block Bearing</i>
11	Tuas Penggerak (<i>Lifting</i>) Kaki-Kaki
12	<i>Forklift</i>
13	<i>Handle</i> Troli
14	Cover <i>Gear & Bevel Gear & Poros</i>
15	<i>Pinion</i>
16	<i>Bevel Gear</i>
17	Dudukan Roda Belakang
18	Penghubung Kaki Dan Roda Belakang Troli
19	Penghubung Kaki Dan Roda Depan Troli/Dudukan Roda Depan
20	Penghubung Gerak Tuas Roda Tengah

Dalam kondisi *assembly* diatas ini, maka ukuran maksimal dari dimensi troli ini adalah kurang lebih dengan panjang : 2,1 meter, lebar : 1,77 meter dan tinggi : 1,72 meter. Serta jarak gerak naik turun rangka utama adalah 900 mm.

3.5 Perhitungan Beban & Kekuatan Troli *Biodigester* Portabel

Untuk mengetahui kelayakan dari suatu produk yang akan atau sedang dirancang maka perlu diketahui dari kekuatan dan ketahanan serta keamanan dari produk tersebut. Untuk mengetahui beberapa hal tersebut maka diperlukan proses perhitungan serta melakukan simulasi sehingga nantinya dapat mempertimbangkan bentuk, model serta material yang telah siap digunakan. Khusus pada sub-bab penelitian ini akan dimulai dari memperhitungkan beban yang akan ditanggung oleh *IBC Tank* yang nantinya akan diubah sebagai *Biodigester* setelah mengetahui beban total dari *IBC Tank* tersebut maka dapat diketahui kekuatan izin serta batas beban maksimal yang akan ditanggung oleh troli *biodigester* pada perancangan ini nantinya.

Adapun proses perhitungan ini akan dilakukan secara manual menggunakan rumus-rumus sederhana ataupun dengan bantuan *Excel*, serta untuk pengujian dan simulasinya nantinya akan dibantu dengan *software Autodesk Inventor 2020*. Berikut proses perhitungan beban dari *Biodigester* yang akan diterima oleh Troli *Biodigester* portabel yang telah dirancang :

3.5.1 Perhitungan Beban *Biodigester*

Berdasarkan riset yang dilakukan, maka didapat rata-rata *biodigester* portabel menggunakan *IBC Tank* dengan kapasitas 1.000 liter, *IBC Tank* ini rata-rata memiliki beban antara 56 kg – 60 kg tergantung dari merk produk serta bahan yang digunakan. Sehingga sebagai dasar perhitungan maka digunakan beban dari *IBC Tank* ialah 60 kg. Setelah mengetahui berat bersih dari *IBC Tank* selanjutnya ialah memperhitungkan komposisi dari isi *biodigester* berdasarkan jurnal ilmiah yang ditulis oleh Mu'anah, Cahyawan Catur Edi Margana dan Asih Priyati dengan judul jurnal “Kajian karakteristik Digester Kotoran Sapi Berdasarkan Komposisi Air Berbasis Kinetika Gas Metana Untuk Produksi Gas BIO” pada tahun 2017 mengatakan bahwasanya ada beberapa jenis perbandingan komposisi antara Air dan Kotoran Sapi dan yang paling bagus untuk menghasilkan gas metana yaitu perbandingan 1 liter air : 1 liter kotoran sapi dan perbandingan 1 liter air : 2 liter kotoran sapi dalam kondisi encer.

Setelah mengetahui komposisi dari *Biodigester* maka selanjutnya mengetahui komposisi dari *IBC Tank*, berdasarkan penelitian dari Ageng Tri Anggito dengan judul “Studi Pembangkitan Energi Listrik Berbasis Biogas” pada tahun 2014 menyatakan bahwa komposisi dari sebuah wadah untuk *Biodigester* adalah 75% campuran kotoran sapi dengan air, lalu 25% adalah ruang kosong diperuntukkan bagi gas metana (gas utama yang digunakan sebagai pembuatan biogas). Pada Penelitian ini juga telah menentukan massa jenis dari kotoran sapi yaitu sebesar 1.375 kg/m^3 dengan memasukan 12,375 Kg kotoran sapi ke dalam ember dengan volume $0,009 \text{ m}^3$ sehingga dengan rumus $\rho = \frac{m}{v}$ diketahui nilai dari massa jenis kotoran sapi yaitu 1.375 kg/m^3 sedangkan untuk massa jenis dari air sendiri adalah 1.000 kg/m^3 dan massa jenis gas metana adalah $0,657 \text{ kg/m}^3$ ini mengacu pada standar yang sudah ditetapkan oleh para ahli di dunia. Maka setelah mengetahui nilai-nilai tersebut selanjutnya bisa dilakukan proses perhitungan sebagai berikut : Mengacu pada tabel 13 maka diketahui :

Tabel 13 Massa Jenis Kotoran Sapi,Air,Dan Gas Metana

Sumber : Hasil Perhitungan

Massa Jenis (kg/m^3)	
Kotoran Sapi	1.375
Air	1.000
Gas Metana	0,657

Mengacu pada tabel 14 maka diketahui :

Tabel 14 Perbandingan Isi *Biodigester*

Sumber : Hasil Perhitungan

Perbandingan Isi <i>Biodigester</i> (%)	
Air + Kotoran Sapi	0,75
Gas Metana	0,25

Jika menggunakan perbandingan antara kotoran sapi dengan air yang 1 : 1 maka dalam kondisi *biodigester* terisi penuh dimana 75 % dari isi *biodigester* adalah campuran air dan kotoran sapi serta ruang gas metana adalah 25 %, berdasarkan tabel 15 maka hasil beban total *Biodigester* 1000 Liter Dengan Perbandingan 1:1 adalah sebagai berikut:

Tabel 15 Beban Total *Biodigester* 1000 Liter Dengan Perbandingan 1:1

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 liter			
Nama	Massa Jenis (kg/m ³)	Kadar Isi (%)	Massa (Kg)
Massa Kotoran Sapi	1.375	$(1 - 0,25)/2 = 0,375$	515,625
Massa Air	1.000	$(1 - 0,25)/2 = 0,375$	375
Massa Gas Metana	0,657	$1 - 0,75 = 0,25$	0,16425
<i>IBC Tank modifikasi</i>			100
Total Beban			990,78

Para proses perhitungannya juga perlu memasukkan nilai faktor keamanan (SF) dengan nilai 1.5, ini dikarenakan isi dan bahan dari sumber beban telah diketahui dan kondisi beban yang tidak akan terlalu jauh berbeda dari beban aslinya sehingga jika menggunakan nilai faktor keamanan (SF) dengan cara mengkalikan total beban dari *biodigester* dengan 1.5 dari nilai faktor keamanan (SF) maka di dapat nilai total beban sebesar 1486,18 seperti yang dijelaskan pada tabel 16 dibawah ini :

Tabel 16 Safety Faktor Dari Beban Total *Biodigester* 1000 Liter Dengan Perbandingan 1:1
Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan <i>Safety Faktor</i> dari Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 liter			
Nama	Total Beban (kg)	Nilai SF	Nilai Total Beban (kg) + SF
Total Beban * Nilai SF	990,78	1,5	1.486,17

Sedangkan jika menggunakan perbandingan antara kotoran sapi dan air adalah 2 : 1 dengan kondisi *biodigester* terisi penuh dimana 75 % dari isi *biodigester* adalah campuran air dan kotoran sapi serta ruang gas metana adalah 25 % , maka didapat hasil seperti yang tunjukkan pada tabel 17 sebagai berikut :

Tabel 17 Beban Total *Biodigester* 1000 Liter Dengan Perbandingan 2:1
Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 liter			
---	--	--	--

Nama	Massa Jenis (kg/m ³)	Kadar Isi (%)	Massa (Kg)
Massa Kotoran Sapi	1.375	$(1 - 0,25)/1,5 = 0,5$	687,5
Massa Air	1000	$(1 - 0,25)/3 = 0,25$	250
Massa Gas Metana	0,657	$1 - 0,75 = 0,25$	0,16425
<i>IBC Tankmodifikasi</i>			100
Total Beban			1.087,66

Dan jika menggunakan perhitungan faktor keamanan yang sama yaitu dengan nilai SF 1.5 maka dapat dilihat pada tabel 18 dibawah ini :

Tabel 18 Safety Faktor Dari Beban Total Biodigester 1000 Liter Dengan Perbandingan 2:1
Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan <i>Safety Faktor</i> dari Beban Total <i>Biodigester</i> 1000 liter			
Nama	Total Beban (kg)	Nilai SF	Nilai Total Beban (kg) + SF
Total Beban * Nilai SF	1.037,66	1,5	1.556,5

Melihat dari beberapa perhitungan diatas maka perkiraan beban dari *biodigester* dengan kapasitas *IBC Tank* 1000 liter maka adalah sekitar 1.5 ton hingga 1.6 ton. Dengan mengetahui nilai dari beban *biodigester* maka kita dapat mensimulasikan kekuatan dari struktur serta material yang digunakan dalam perancangan dan pembuatan troli *biodigester* portabel ini.

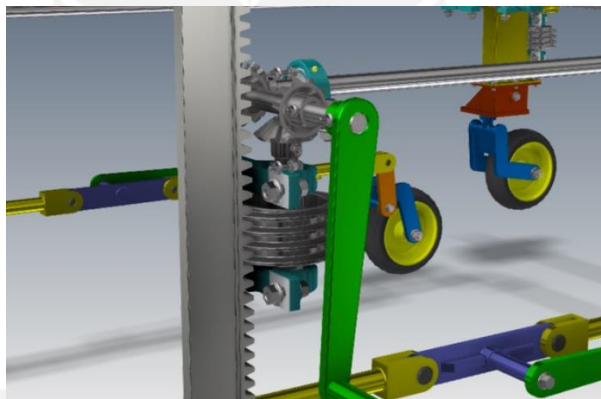
3.5.2 Proses Simulasi Pengujian Desain Alat

Setelah semua komponen desain telah jadi dan telah di *assembly* serta mengetahui perkiraan beban yang akan diterima oleh troli maka selanjutnya adalah melakukan simulasi dari kekuatan dari struktur troli *biodigester* portabel yang telah di rancang. Pada proses pengujian ini akan menggunakan *software* yang sama yaitu *Autodesk Inventor* yang menerapkan dasar konsep dari *finite elemen analisis (FEA)*. *FEA* sendiri adalah suatu prosedur perhitungan numerin yang digunakan untuk mempermudah dalam menganalisis dan menyelesaikan suatu masalah dibidang rekayasa seperti tegangan dari suatu struktur, penyebaran thermal di suatu struktur, elektromagnetis dan aliran fluida. Prinsip kerja dari *FEA* ini adalah dengan membagi-bagi suatu benda/sruktur yang dianalisa menjadi beberapa bagian dan

elemen tertentu dalam jumlah hingga yang saling terhubung untuk nantinya dikelola menjadi perhitungan khusus sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat dan lebih presisi.

Sedangkan alat atau metode yang digunakan dalam melakukan analisis dan simulasi dari pengujian troli *biodigester* portabel di *software Autodesk Inventor* adalah *Stress Analysis*. Konsep dasar *Stress Analysis* ini akan menguji kekuatan struktur dari desain tersebut terhadap penyebaran beban yang telah diberikan. Dalam proses pengujian ini tidak semua komponen akan diuji hanya beberapa komponen penting yang dianggap akan menjadi tumpuan utama dan menerima beban terbesar adapun tahapan-tahapan umum sebelum melakukan proses simulasi ini yang pertama adalah pemilihan material pada komponen yang akan diuji, lalu dilanjutkan pemilihan bagian tumpuan serta jumlah dan arah pembenanan pada komponen yang akan diuji. Berikut beberapa komponen yang diuji dengan mengikuti tahapan yang telah disebutkan diatas :

1. Proses Pengujian *Rack and Pinion*



Gambar 3-26 Mekanisme *Rack & Pinion* Pada Troli *Biodigester* Portabel

Sumber : Proses Simulasi

Dalam perancangan troli *biodigester* ini, *Rack and Pinion* dipilih sebagai mekanisme dalama proses *lifting* dari troli. Tidak hanya sebagai proses *lifting* saja, *Rack and Pinion* ini akan menjadi salah satu tumpuan pada troli terutama pada saat troli berada pada posisi berdiri. Sehingga dikarenakan menjadi tumpuan maka *Rack and Pinion* akan menahan beban besar dari troli. Jumlah yang yang dibutuhkan dari *Rack and Pinion* ini berjumlah masing-masin 4 buah dikarenakan ada 4 kaki dari troli dan setiap kaki-kaki tersebut terintegrasi dengan *Rack & Pinion*.

Untuk proses pengujiannya sama-sama menggunakan *Autodesk Inventor* dengan metode stress analisis dengan hasil pengujian *Rack* sendiri dan *Pinion* sendiri.

a. Pemilihan dan Karakteristik Material *Rack And Pinion*

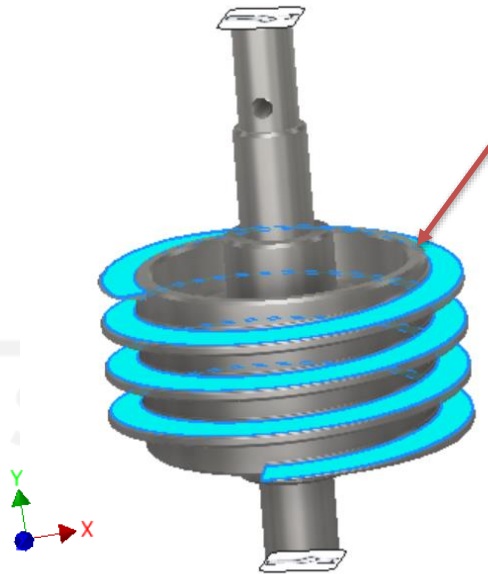
Pada proses simulasi pengujian di *Software Autodesk Inventor* material yang dipilih adalah *Steel mild* atau biasa disebut dengan baja karbon. *Steel mild* dipilih karena dianggap masih mampu menahan beban yang cukup berat serta material yang tergolong kuat. Berikut pada tabel 19 dibawah merupakan tabel karakteristik dari material *steel mild* yang bersumber dari *Software Autodesk Inventor* secara *default* :

Tabel 19 Karakteristik Material *Steel mild*
 Sumber : *Autodesk Inventor 2020*

Karakteristik Material <i>Rack & Pinion</i>		
<i>Name</i>	<i>Steel, Mild</i>	
<i>General</i>	<i>Mass Density</i>	7,85 g/cm ³
	<i>Yield Strength</i>	207 MPa
	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	345 MPa
<i>Stress</i>	<i>Young's Modulus</i>	220 GPa
	<i>Poisson's Ratio</i>	0,275 ul
	<i>Shear Modulus</i>	86,2745 GPa

b. Lokasi Tumpuan Serta Arah Pembebanan

untuk *Pinion* sendiri lokasi tumpuan ada dibagian ujung atas dan ujung bawah, meskipun nantinya ujung bawahlah yang akan menjadi tumpuan utama yang akan menahan beban objek dan beban gravitasi. Dan untuk arah pembebanan sendiri ada pada bagian ulir-ulir *gear* yang pada gambar berwarna biru dengan arah pembebanan yang ditunjukkan oleh panah merah pada gambar 3-27 dibawah :



Gambar 3-27 Lokasi Tumpuan Serta Arah Pembebanan Pada *Pinion*

Sumber : Proses Simulasi

Dikarenakan *Rack* juga akan menjadi tumpuan utama dan kaki-kaki utama bagi troli sekaligus letak terjadinya proses mekanisme *lifting* Bersama *Pinion* terutama pada bagian gigi-gigi *Rack* yang nantinya akan tersambung dengan *Pinion*, maka sebelum melakukan simulasi pengujian tumpuan akan berada dibagian bawah yaitu bagian yang tersambung dengan dudukan roda serta pada bagian atas, dengan asumsi lokasi arah pembebanan ada pada 4 gigi-gigi di bagian tengah *Rack* ini dikarenakan gigi-gigi bagian tengah adalah bagian yang paling beresiko dan jauh dari tumpuan sehingga kemungkinan terjadinya deformasi jauh lebih besar dibanding dengan gigi-gigi yang dengan pada tumpuan jika dikenai beban. Panah warna kuning pada gambar 3-27 dibawah menunjukkan bagian gigi-gigi yang akan terbebani Bersama ulir-ulir yang ada pada *Pinion*.



Gambar 3-28 Lokasi Tumpuan, Serta Arah Pembebanan Pada Potongan Rack
 Sumber : Proses Simulasi

c. Total beban pada pengujian *Rack And Pinion*

Untuk total beban pada *Pinion* sendiri adalah 500 Kg atau sama dengan 5000 N. beban tersebut merupakan beban maksimal yang akan diterima oleh setiap *Pinion* yang pada perancangan troli *biodigester* portabel ini jumlahnya ada 4. Asumsi ini diambil dari total beban maksimal yang akan diterima oleh troli yaitu 2 Ton. Total beban *pinion* ditunjukkan pada tabel 20 dibawah :

Tabel 20 Total Beban *Pinion*
 Sumber : *Autodesk Inventor 2020*

Total Beban <i>Pinion</i>	
Load Type	Remote Force
Magnitude	5.000 N
Vector X	0 N
Vector Y	-5.000 N
Vector Z	0 N
Remote Point X	0 mm
Remote Point Y	0 mm
Remote Point Z	0 mm

Sedangkan untuk *Rack* total beban sendiri adalah 150 Kg atau sama dengan 1500 N ini adalah asumsi beban yang akan diterima dari setiap gigi dari 4 gigi yang akan terus bersamaan dengan putaran ulir *Pinion*. Sehingga jika *Pinion* menerima 500

Kg maka setiap gigi dari *Rack* diamsumsikan menerima beban 150 Kg maksimal. Sehingga troli mendapat beban sebesar 2 ton maka setiap gigi *Rack* dari 4 gigi yang terintegasi dengan *Pinion* akan menerima beban 150 Kg. berikut tabel 21 dibawah menunjukkan total beban dari pada setiap gigi *Rack*

Tabel 21 Total Beban Pada Setiap Gigi Rack

Sumber : Autodesk Inventor 2020

Total Beban Pada Setiap Gigi Rack	
Load Type	Force
Magnitude	1.500 N
Vector X	-363,803 N
Vector Y	-1455,214 N
Vector Z	-0 N

2. Proses Pengujian Rangka Utama Troli

Sebagai komponen utama yang akan menjadi struktur yang akan menahan beban terbesar dari perancangan troli *biodigester* portabel ini sekaligus sebagai penyeimbang serta dudukan dari keseluruhan komponen maka rangka utama menjadi komponen terpenting untuk diuji sehingga siap dalam menahan beban maksimal sebesar 2 Ton. Berikut tahapan pengujian pada rangka utama troli *biodigester* portabel.

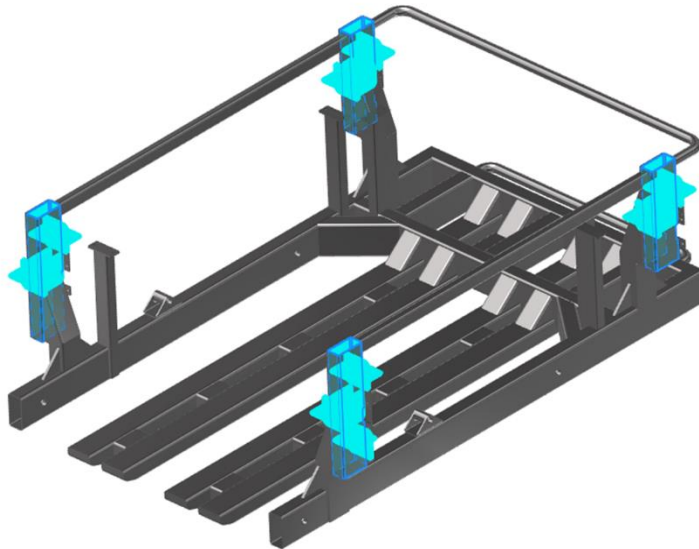
a. Pemilihan Dan karakteristik Material Rangka Utama Troli

Pada rangka utama disini digunakan material inti adalah *steel mild* atau baja karbon, dengan dimensi yang cukup besar maka diharap material baja karbon pada rangka utama troli masih dapat menahan beban maksimal sebesar 2 ton. Karakteristik *steel mild* atau baja karbon dapat dilihat pada tabel 19 yang telah disampaikan diatas.

b. Lokasi Tumpuan Serta Arah pembebanan Pada Rangka Utama

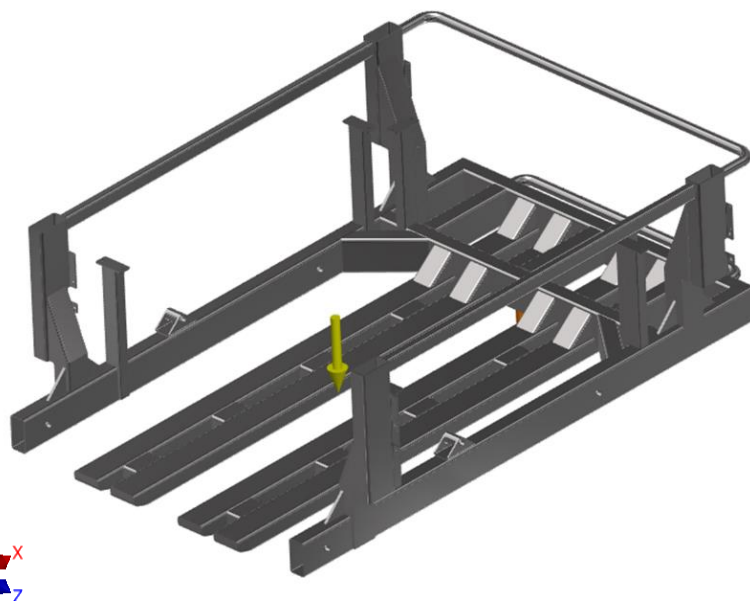
Sebelum melakukan simulasi pengujian pada rangka utama maka ditentukan letak lokasi tumpuan, untuk rangka utama sendiri karena nantinya menjadi objek yang diangkat oleh kaki-kaki troli maka letak tumpuan sebenarnya ada di bagian baut-baut yang menjadi dudukan antara *Rack* dan *Pinion*, akan tetapi sebagai asumsi maka letak tumpuan

pada rangka utama maka tumpuan ada tempat dudukkan baut nantinya.(
Lokasi tumpuan dapat dilihat pada objek berwarna biru di gambar 3-29)



Gambar 3-29 Letak Tumpuan Rangka Utama Pada Saat Pengujian
Sumber : Proses Pengujian

Sedangkan untuk letak arah pembebanan ada di bagian tengah troli dengan jarak beban pusat sekitar 800 mm dari bagian belakang troli (ditunjukkan oleh arah panah berwarna kuning pada gambar 3 – 30)



Gambar 3-30 Letak Pembebanan Troli
Sumber : Proses Pengujian

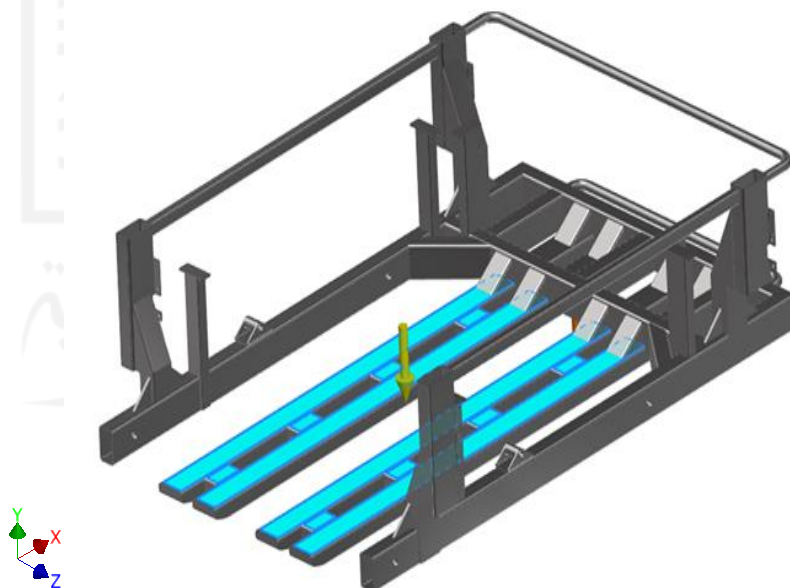
c. Total Beban Pada Rangka Utama

Rangka utama troli akan menahan beban terbesar khususnya pada bagian *forklift* yaitu dengan beban maksimal sebesar 2 ton. Selain itu rangka utama juga akan menjadi pusat keseimbangan. Bagian yang berwarna biru pada gambar 3-31 dibawah adalah bagian yang ditimpah oleh objek yaitu *IBC Tank* maupun *biodigester* yang menggunakan *IBC Tank* kapasitas 1000 liter

Tabel 22 Total Beban Rangka Utama

Sumber : Autodesk Inventor 2020

Total Beban Rangka Utama	
Load Type	Remote Force
Magnitude	20.000 N
Vector X	0 N
Vector Y	-20.000 N
Vector Z	-0 N
Remote Point X	-800 mm
Remote Point Y	0 mm
Remote Point Z	0 mm



Gambar 3-31 Letak Dudukan *Biodigester* Pada Troli

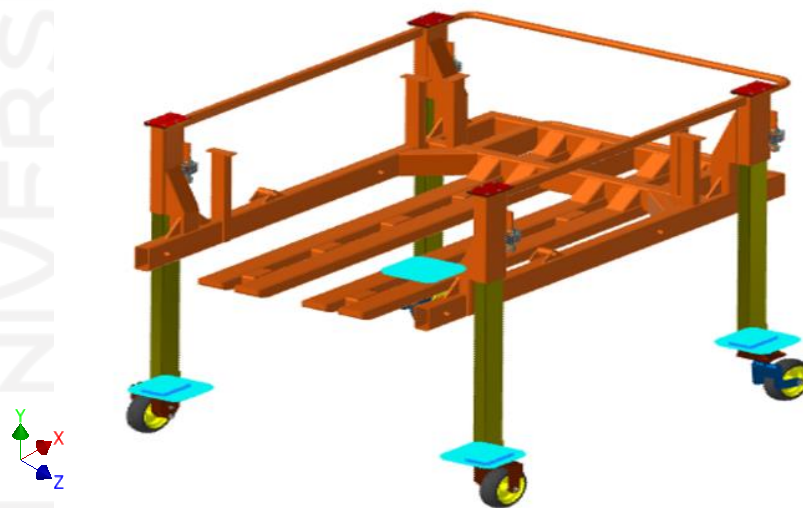
Sumber : Proses Pengujian

3. Proses Pengujian Hasil *Assembly* Troli *Biodigester* Portabel
 - a. Pemilihan Dan karakteristik Material Hasil *Assembly*

Pada pengujian *assembly* kali ini ada beberapa material yang digunakan tapi pada umumnya material utama masih sama yaitu baja karbon hanya saja ada sedikit perbedaan pada komponen-komponen baut, *Pillow Block Bearing*, dan beberapa jenis bearing lainnya yang menggunakan *stainless steel* pada proses simulasi pengujian. Lalu ada material ban yang menggunakan material generic karena ban ini akan menggunakan material yang menyesuaikan di pasaran.

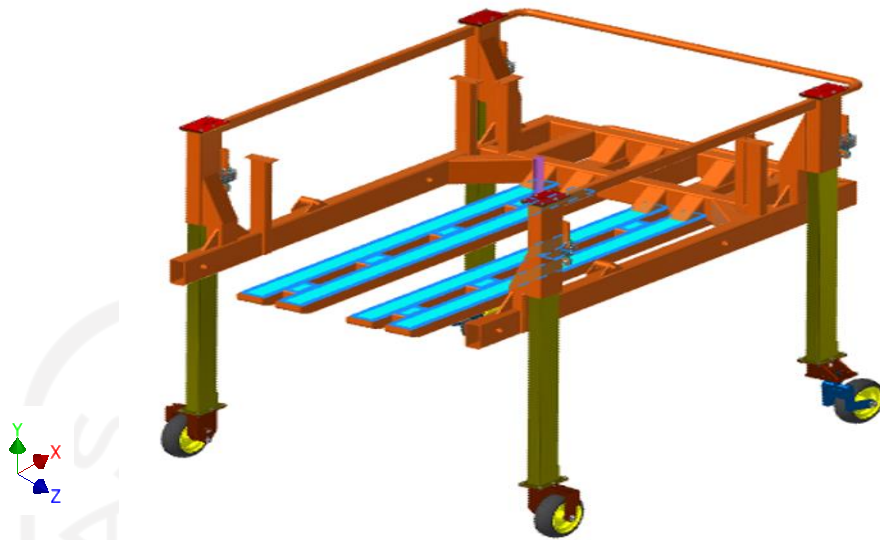
b. Lokasi Tumpuan Serta Arah pembebanan Pada Hasil *Assembly*

Pada pengujian *assembly* troli *biodigester* portabel letak beban sama persis dengan letak beban pada pengujian rangka utama troli, sedangkan untuk lokasi tumpuan diasumsikan berada dibagian antara dudukan ban dan bagian bawah kaki-kaki seperti yang ada pada gambar 3 – 32 dibawah.



Gambar 3-32 Letak Tumpuan Pada Simulasi *Stress Analysis* Pada Hasil *Assembly*

Sumber : Proses Simulasi



Gambar 3-33 Letak Dan Arah Beban (Panah Ungu) Simulasi *Stress Analysis Hasil Assembly*
 Sumber : Proses Simulasi

c. Total Beban Pada Hasil *Assembly*

Sedangkan untuk total beban sendiri yaitu berjumlah 2 ton atau beban maksimal dari perancangan troli *biodigester* portabel ini. berikut tabel total beban hasil *assembly* yang didapat dari proses pengujian menggunakan *Autodesk Inventor 2020*.

Tabel 23 Total Beban Hasil *Assembly*
 Sumber : *Autodesk Inventor 2020*

Total Beban Hasil <i>Assembly</i>	
Load Type	Remote Force
Magnitude	20.000 N
Vector X	0 N
Vector Y	-20.000 N
Vector Z	-0 N
Remote Point X	-800 mm
Remote Point Y	0 mm
Remote Point Z	0 mm

3.6 Perancangan modeling Alat

Dalam perancangan troli *biodigester* portabel ini juga akan dilakukan perancangan alat jadinya, tentunya dengan ukuran yang lebih sederhana akan tetapi tidak banyak merubah bentuk dan mekanisme dari alat dari bentuk ada pada desain awalnya. Perancangan alat dalam konsep yang lebih sederhana ini biasa disebut dengan *modelling*. *Modelling* sendiri adalah proses awal untuk membantu dalam menunjukkan bentuk awal dari suatu produk yang telah di desain sebelum melakukan produksi maupun proses manufaktur skala besar dari desain produk tersebut. Dalam *modelling* ini bentuk dari desain produk tersebut bisa saja berbeda dengan ukuran asli yang ada pada desain dan biasanya dimensinya pada *modelling* ini lebih kecil dari dimensi desain aslinya.

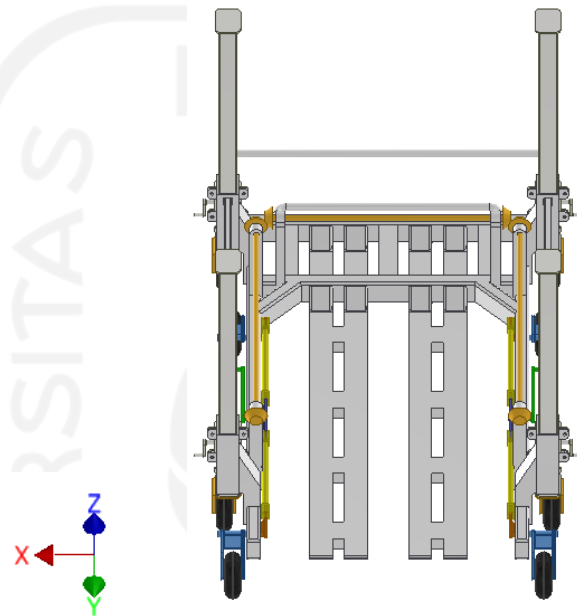
Pada perancangan *modelling* nantinya akan dipilih dengan menggunakan metode 3d *Printing* di setiap partnya. Berbeda dengan proses manufaktur lainnya yang cenderung mengikis maupun memotong serta mengurangi bentuk material menjadi bagian-bagian tertentu yang diinginkan sedangkan 3d *Printing* adalah dengan menambahkan lapisan-lapisan plastik maupun serupa secara perlahan-lahan hingga membentuk sebuah objek 3d yang diinginkan sehingga dengan membuat *modelling* menggunakan 3d *Printing* ini diharapkan lebih mempermudah dan mempersingkat waktu dalam proses pengerjaan dari keseluruhan part serta lebih hemat biaya pengerjaan. 3d *Printing* sendiri memang sudah dikenal dalam membantu proses pembuatan model awal dari suatu alat.

Sebelum masuk ke proses *modelling* alat perlu melakukan desain ulang atau *redesain* menyesuaikan dari mesin cetak 3d *Printing* yang tersedia. Beberapa hal yang dilakukannya *redesain* ini adalah sebagai berikut :

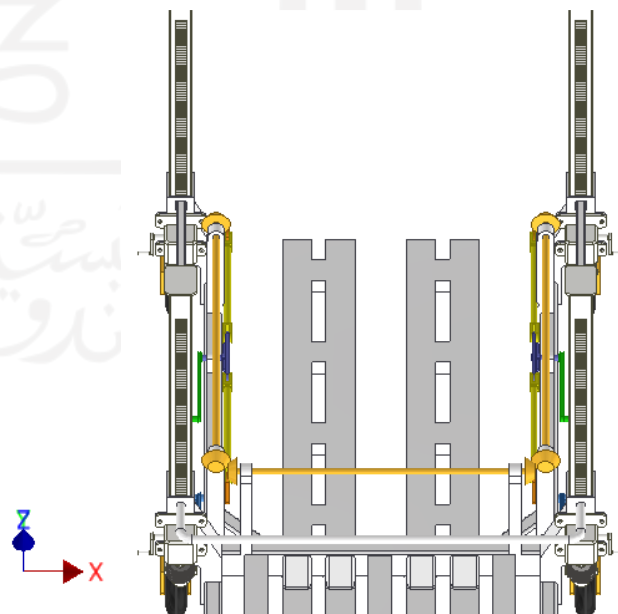
1. Mengubah dimensi ukuran menjadi lebih kecil dengan ukuran Panjang troli adalah : 50 cm, lebar : 30 cm dan tinggi : 40 cm.
2. *Redesain* ini juga dilakukan karena jika melakukan langsung *rescalling* pada desain yang awal di *software CAD* maka banyak bagian yang terlalu kecil seperti ketebalan dan ada beberapa bagian part yang tidak sempurna dalam proses *rescalling*.
3. Adapun ada beberapa part yang disederhanakan bentuknya dengan *redesain* ini akan membantu dalam proses cetakan 3d *Printing* jauh lebih mudah serta lebih

efisien dalam menggunakan bahan *filament*, sehingga dalam proses *modelling* nantinya tidak menggunakan biaya yang terlalu besar dan lebih cepat proses pengerjaannya.

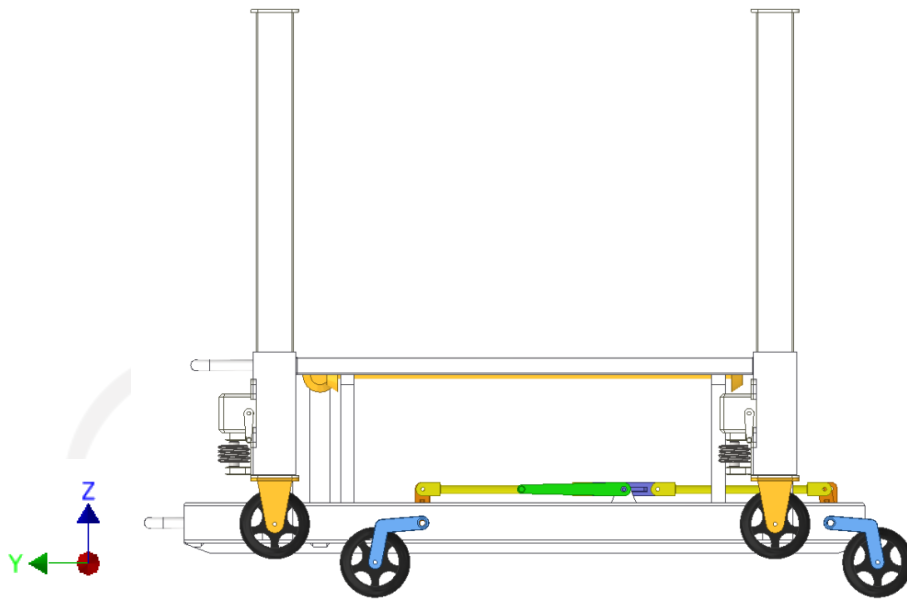
Berikut beberapa gambar model troli *biodigester* portabel hasil redesain yang akan di cetak menggunakan *3d Printing* :



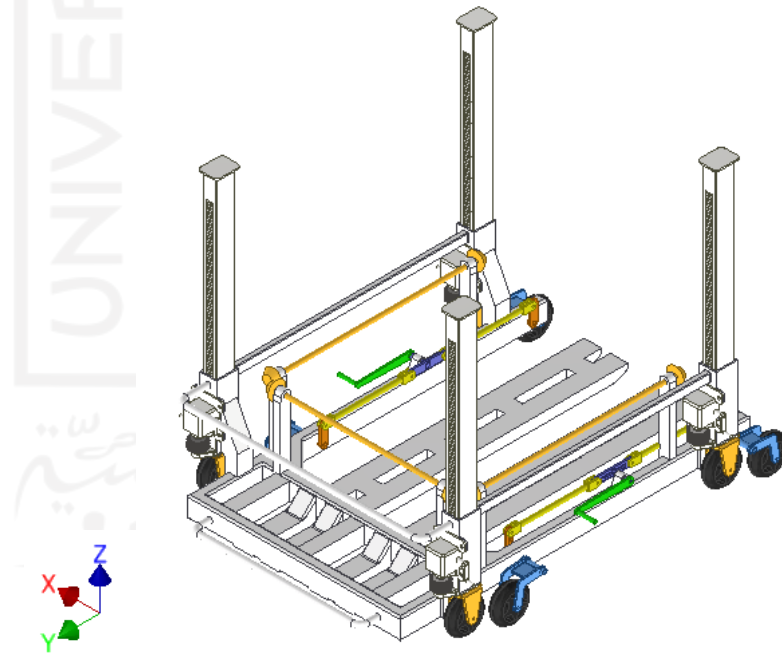
Gambar 3-34 Tampak Depan Redesain Troli
Sumber : Hasil Desain



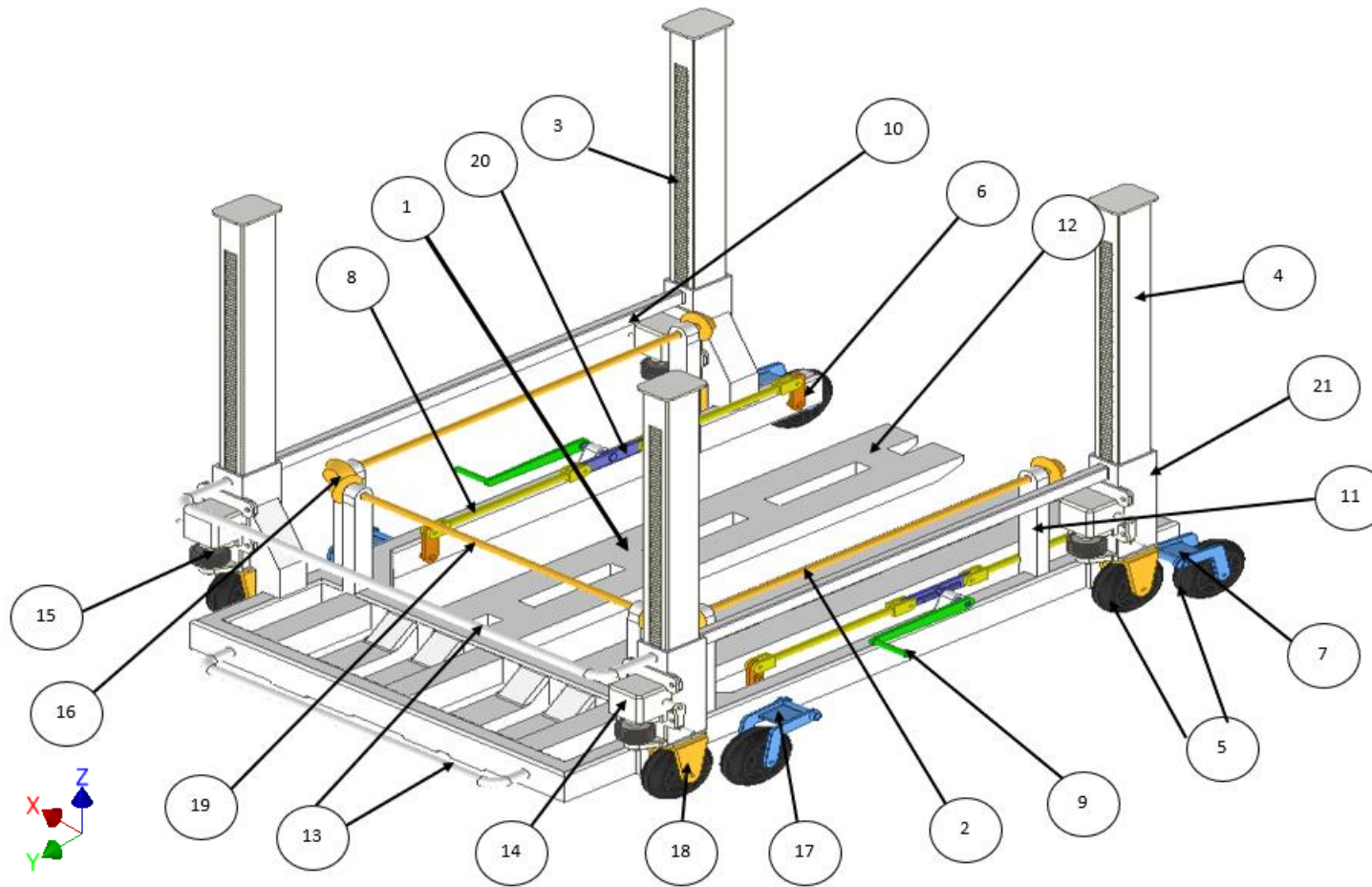
Gambar 3-35 Tampak Belakang Redesain Troli
Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-36 Tampak Samping Redesain Troli
Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-37 Tampak 3D Redesain troli
Sumber : Hasil Desain



Gambar 3-38 Bagan Part Dan Komponen Assembly Redesain Troli

Sumber : Hasil Desain

Gambar diatas merupakan bagan untuk menunjukkan part dan komponen hasil *assembly* dari redesain troli yang telah dibuat sebelumnya untuk menyesuaikan dan memudahkan proses *3d Printing* nantinya. Berikut tabel 24 sebagai penjelasan untuk gambar 3-37 diatas :

Tabel 24 Daftar Part dan Komponen Redesain Troli

Sumber : Hasil Desain

Daftar Part dan Komponen <i>Assembly</i> Redesain Troli	
No Part	Nama part
1	Rangka Utama Troli
2	As-Join 1 (penghubung antar tuas depan)
3	<i>Rack</i>
4	Cover <i>Rack</i>
5	Roda Troli
6	<i>BRacket</i> gerak Tuas Ke roda Tengah
7	Dudukan Roda depan & Tengah (kanan & Kiri)
8	Engkol Roda tengah
9	Tuas Penggerak Roda Tengah
10	Rangka penyambung troli atas
11	Tiang support As- Join 1
12	<i>forklift</i>
13	<i>Handle</i> Troli
14	Cover <i>gear & Bevel gear & poros & Tuas Lifting</i>
15	<i>Pinion</i>
16	<i>Bevel gear</i>
17	Dudukan roda Belakang
18	Penghubung kaki dan roda belakang troli
19	As-Join 1 (bagian belakang troli)
20	Penghubung gerak tuas roda tengah
21	Pegangan <i>Rack</i> troli

3.6.1 Persiapan Alat dan Bahan

Setelah memilih bentuk maupun dimensi dari *modelling* troli serta telah melakukan *redesain* dan memilih metode *3d Printing* untuk proses pengerjaannya maka selanjutnya ialah mempersiapkan alat dan bahan. Berikut beberapa alat dan bahan yang menjadi faktor utama dalam perancangan *modelling* troli *biodigester* portabel menggunakan metode *3d Printing* :

1. *3d Printing*

Proses *Printing* Model dari troli *biodigester* portabel menggunakan mesin *3d Printing* yaitu merk *Creality Ender 3 Max*. printer *3d* jenis ini digunakan sebagai alat bantu untuk mencetak setiap part-part troli dikarenakan bisa mencetak part-part yang jauh lebih besar yaitu mencapai 30 x 30 x 34 cm, lebih presisi dengan tingkat presisi print hingga 0.1 mm serta meskipun produk pabrikan tapi masih mudah untuk di *upgrade* maupun di *custom*.



Gambar 3-39 *Creality Ender 3 Max 3d Printing Machine*
Sumber : Hasil Dokumentasi

2. Jenis *filament*

Pada proses *3d Printing* setiap part dari troli akan menggunakan *filament* yaitu jenis *polylactid acid + (PLA+)* dengan diameter 1.75 mm serta titik leleh antara 200 - 225 *celcius*. Pemikiran menggunakan *filament* jenis ini dikarenakan PLA memiliki sifat yang mudah dalam proses *Printing*, titik leleh yang rendah, kesediaan dan variatif warna serta harga dipasaran yang masih sangat terjangkau meskipun *filament* jenis ini lebih rapuh. Sedangkan dibandingkan PLA, PLA+ memiliki ketahanan yang lebih baik dari PLA, lebih mudah untuk di print, serta hasil permukaan print yang lebih baik dibanding PLA.



Gambar 3-40 Roll Polylactid Acid+ (1.75 mm)
Sumber : Hasil Dokumentasi

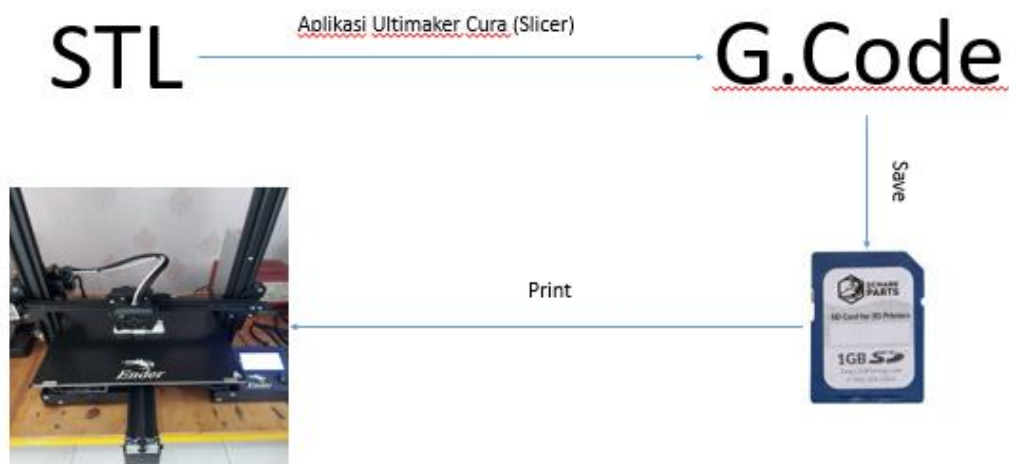
3.6.2 Proses 3d *Printing* model Troli

Setelah melakukan redesain untuk *modelling* troli selanjutnya adalah melakukan proses cetak menggunakan mesin 3d *Printing*, akan tetapi sebelum melakukan proses *Printing* maka dibutuhkan *software slicer* yang akan membantu mengubah bentuk desain/gambar yang telah dibuat menjadi sebuah perintah untuk menggerakkan sebuah mesin (3d *Printing*). Aplikasi *slicer* yang digunakan pada penelitian ini adalah aplikasi yang bernama *Ultimaker Cura*, seperti aplikasi *slicer* pada umumnya Aplikasi *Ultimaker Cura* ini akan mengubah bentuk file dari STL menjadi *G.code*. Dengan aplikasi ini juga bisa memprediksi jumlah *filament* yang digunakan, arah kerja mesin 3d *Printing*, dan waktu pengerjaan cetak hingga selesai, tentunya ini tergantung dari pilihan settingan yang kita pilih sebelumnya pada aplikasi ini. Aplikasi *Ultimaker cura* ini juga bersifat *open source* dan mudah dimengerti untuk semua kalangan serta hampir setiap merk dan jenis 3d *Printing* bisa menggunakan aplikasi ini.



Gambar 3-41 Logo Software Ultimaker Cura
Sumber : Google Image

Setelah melakukan proses pra *Printing* lalu selanjutnya adalah proses cetak setiap part. Dikarenakan jenis *filament* serta mesin *3d Printing* yang digunakan sama dalam mencetak setiap part-part troli maka settingan pada *software Ultimaker Cura* ini juga rata-rata sama secara umum, yang berbeda hanya terletak bagian hasil prediksi jumlah *filament* yang digunakan serta waktu proses cetak. Adapun pada bagian cetak *3d Printing* part seperti rangka utama troli dengan ukuran yang lebih besar dari ukuran *bed plate 3d Printing* maka proses cetak dilakukan dengan cara dibagi.

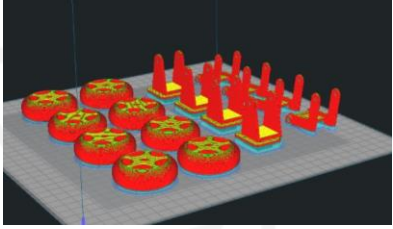
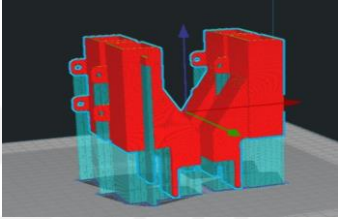
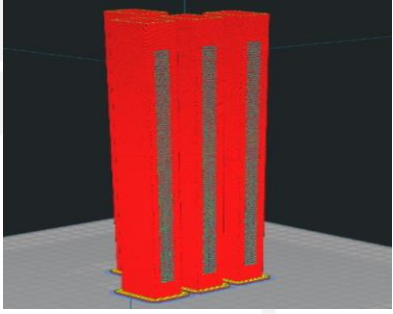
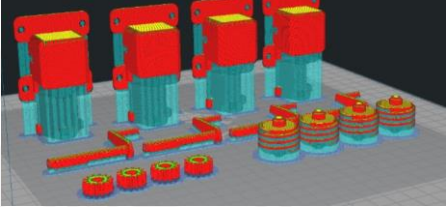
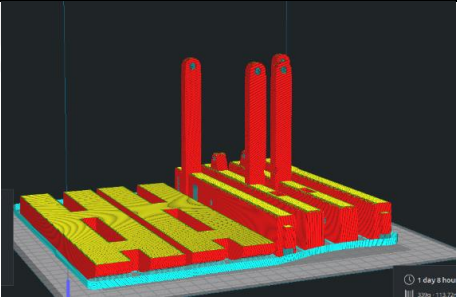


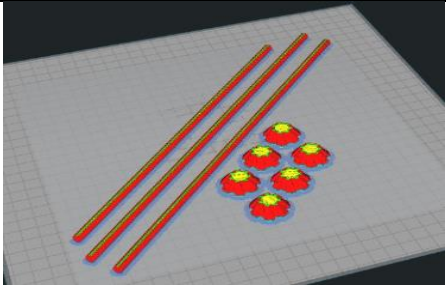
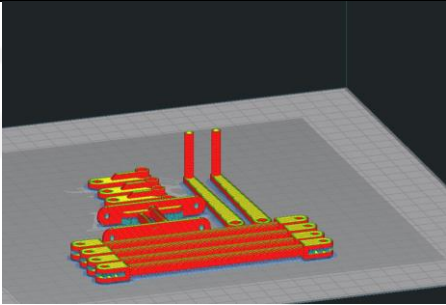
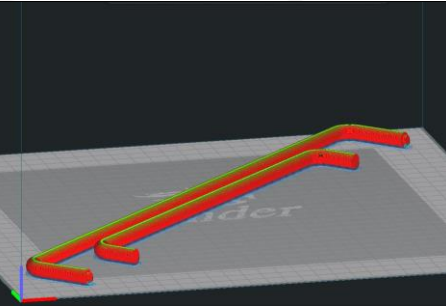
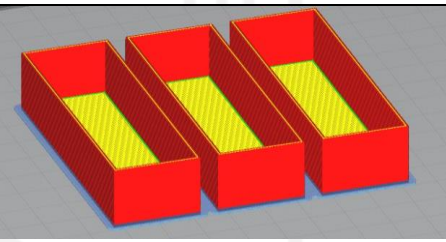
Gambar 3-42 Skema Proses 3d *Printing* Dari Hasil Desain Hingga Proses Cetak
Sumber : Hasil Dokumentasi

3.6.3 Proses *Slicer* alat

Berdasarkan gambar 3-37 maka proses *3d Printing* dibagi dan dipilih beberapa part yang bisa dikerjakan dengan waktu bersamaan sehingga didapat pekerjaan yang lebih efisien serta penggunaan *3d Printing* yang lebih efektif. Berikut tabel serta gambar untuk menunjukkan proses dari estimasi penggunaan waktu, serta material/*filament* ketika melakukan proses cetak menggunakan *3d Printing* dengan gabungan-gabungan dari beberapa part menggunakan *Software Ultimaker Cura*: berikut hasil *slicer* part-part serta komponen troli yang ditunjukkan pada tabel dibawah :

Tabel 25 Estimasi Proses *Slicer 3d Printing* Komponen Pada Troli *Biodigester*
 Sumber : Hasil *Slicer*

Estimasi Proses <i>Slicer 3d Printing</i> Komponen Pada Troli <i>Biodigester</i>				
No	No. Part	Jumlah <i>Filament</i> (g)	Waktu Pengerjaan (M)	Ket. Gambar
1	5&18 &17&7	226	1625	
2	21	217	1606	
3	3&4	344	2694	
4	9&14&15	128	984	
5	1&10& 11&12	339	1978	

6	16&2	45	306	
7	6&8&9 &20	45	365	
8	13	34	202	
9	1	40	220	
Total		1418	9980	-

Berdasarkan hasil tabel 25 diatas, estimasi proses *slicer* menggunakan *software Ultimaker Cura* diatas maka didapat perkiraan penggunaan *filament* total adalah : 1418 gram dengan waktu pekerjaan sekitar : 9980 menit atau sekitar 6 hari 9 jam.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Alat

Setelah melakukan proses analisis dan simulasi seperti menentukan lokasi tumpuan, serta arah pembebanan dan total beban maka didapat hasil pengujian yang berupa nilai :

1. *Von Mises Stress*

untuk memprediksi tingkat keluluhan dari material suatu struktur terhadap kondisi pembebanan maka dibutuhkan nilai dari tegangan *von mises*. Ini dikarenakan pernyataan dari von mises bahwasanya setiap material memiliki batas luluh jika material tersebut diberi pembebanan sampai melewati batas dari kekakuan dari material tersebut. Material dinyatakan mulai masuk ke fase luluh ketika diberi beban dan gaya hingga mencapai nilai kritisnya yang biasanya diketahui sebagai nilai *Yield Strength* atau bisa juga disebut sebagai nilai batas luluh. Jika suatu material sudah melewati fase batas luluh (*yield strength*) maka material tersebut akan mengalami perubahan bentuk (deformasi) secara permanen.

2. *Displacement*

Pergerakan atau pergeseran yang merubah bentuk dari suatu komponen akibat beban yang terdapat pada suatu komponen itu disebut dengan *displacement*. Besar kecilnya nilai pergerakan komponen ini tergantung dari besar serta arah pembebanan yang terjadi pada komponen tersebut. Bersama dengan hal itu kekuatan dari suatu material juga akan mempengaruhi dari besar kecilnya pergeseran, semakin kuat materialnya semakin kecil pergeseran yang akan terjadi.

3. *Safety factor*

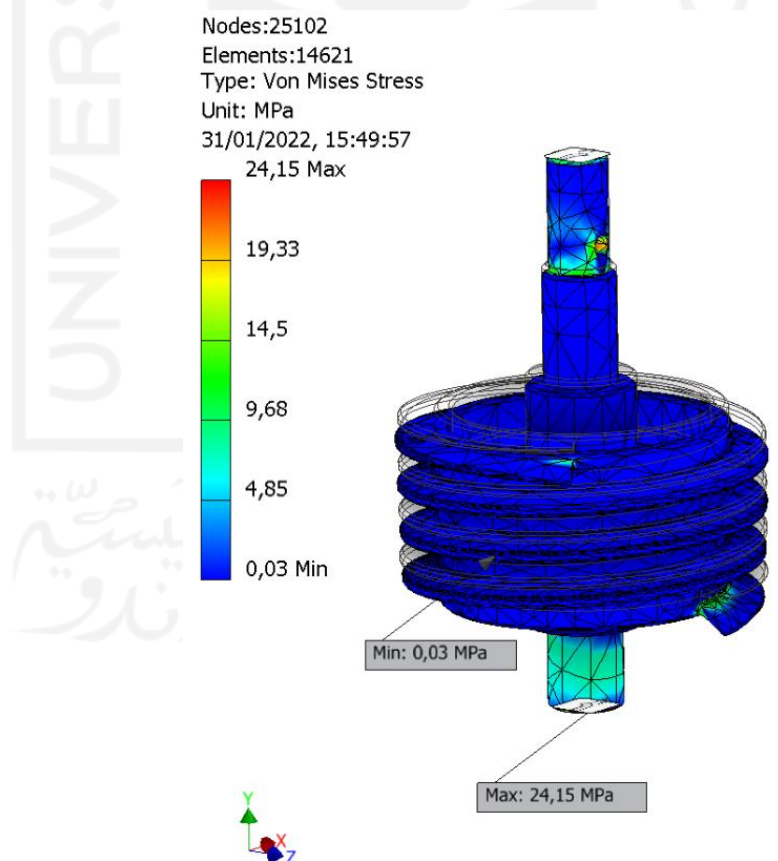
Untuk memastikan serta menjamin keamanan pada desain dari troli *biodigester* portabel ini maka nilai dari faktor keamanan pada pengujian sangatlah penting, pada simulasi menggunakan *Autodesk Inventor* ini rentang dari *safety factor* biasanya antara 0 - 15 ul (unitless). akan tetapi melihat acuan yang telah dikutip

dari buku dari Dobrovolsky yang berjudul “*Machine Element*” menyatakan bahwasanya rentang *safety factor* (SF) berdasarkan jenis beban adalah *Beban statis* : 1,25 – 2,0 , *Beban dinamis* : 2,0 – 3,0, dan *Beban kejut* : 3,0 – 5,0 sedangkan pada perancangan troli *biodigester* ini pembebanan masuk tergolong ke dalam beban statis maka jika didapat nilai *safety faktor* rata-rata pada hasil simulasi troli *biodigester* portabel sudah lebih dari nilai 1,25 maka desain troli dinyatakan aman. Pada hasilnya nanti tetap dipilih rentang hingga 15 karena hanya untuk memperluas jangkauan prediksi dari nilai *safety faktor* pada setiap titik elemen yang ada pada troli.

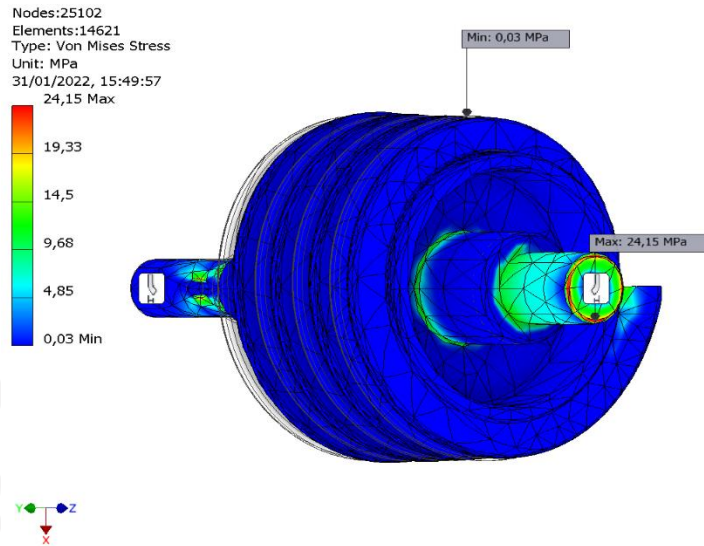
Berikut hasil pengujian pada *Rack & Pinion*, Rangka Utama serta bentuk *Assembly* troli yang telah dilakukan :

4.1.1 Hasil pengujian pada *Pinion*

1. *Von Mises Stress* Pada *Pinion*



Gambar 4-1 Nilai *Von Mises Stress* *Pinion*
 Sumber : Hasil Pengujian

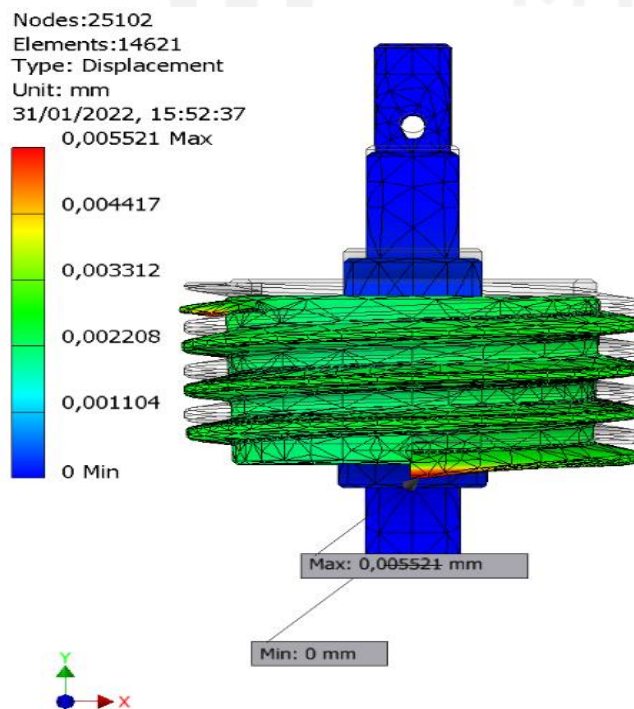


Gambar 4-2 Nilai Von Mises Stress Pinion (2)

Sumber : Hasil Pengujian

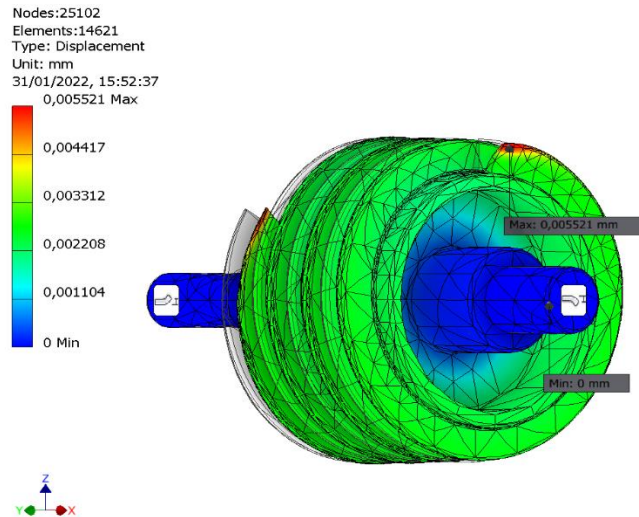
Dari hasil yang di dapatkan saat simulasi pengujian maka didapat nilai *Von Mises Stress* 24,15 MPA maksimum dan 0,03 MPA untuk minimum. Bagian ulir berwarna biru mengartikan disribusi beban pada bagian ulir sangat kecil dan bagian yang terdampak pembebanan terbesar ada dibagian antara batang poros dan ulir.

2. Displacement Pada Pinion



Gambar 4-3 Displacement Pada Pinion

Sumber : Hasil Pengujian

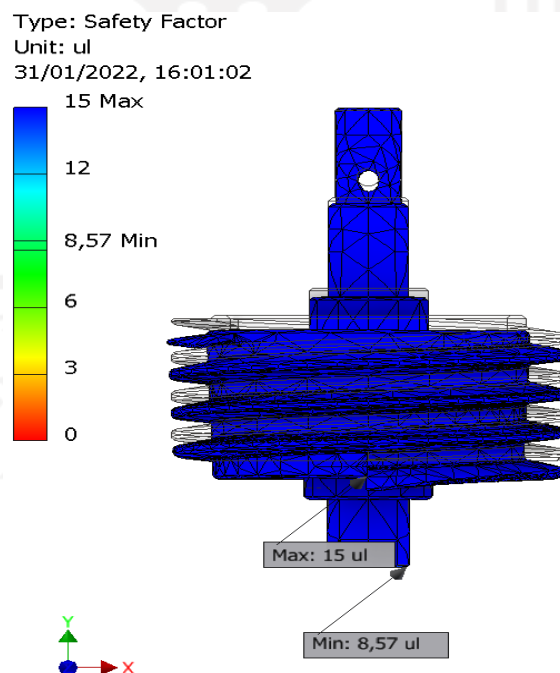


Gambar 4-4 Displacement Pada Pinion (2)

Sumber : Hasil Pengujian

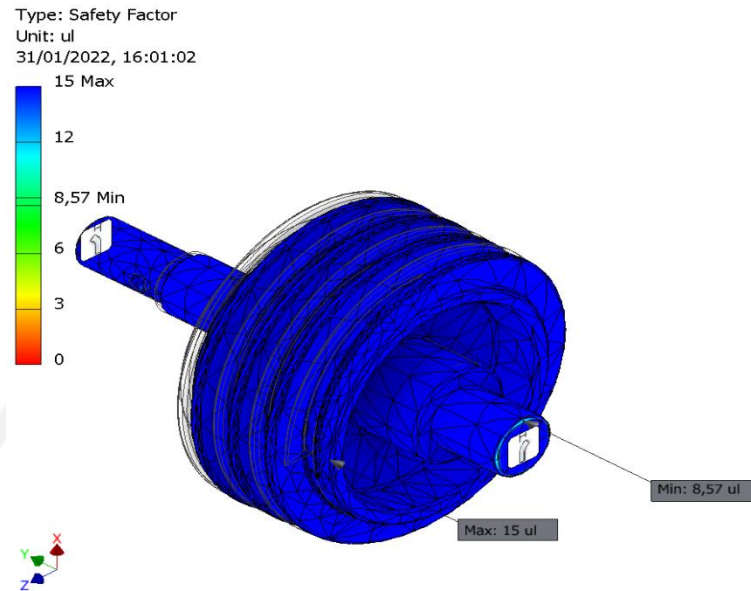
Adapun pada pengujian *Pinion* dengan beban 500 Kg maka di dapat arah perubahan bentuk dari *Pinion* dengan nilai yang cukup kecil yaitu 0,005521 maksimum. Melihat dari hasil ini saja membuktikan kalau material *steel mild* cukup kuat dijadikan sebagai *Pinion* dan masih mampu menahan beban langsung sebesar 500 Kg.

3. Hasil Faktor Keamanan (Sf) Pada *Pinion*



Gambar 4-5 Nilai Safety factor Pada Pinion

Sumber : Hasil Pengujian

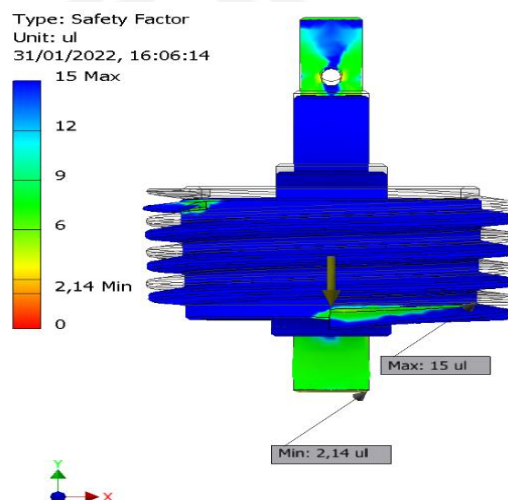


Gambar 4-6 Nilai *Safety factor* Pada *Pinion* (2)

Sumber : Hasil Pengujian

Dengan beban maksimum yaitu 500 kg maka di dapat nilai *safety factor* yaitu 15 ul maksimum dan 8,57 ul minimum sehingga dapat dikatakan untuk beban 500 kg pada setiap ulir dari *Pinion*nya masih dikatakan aman. Tidak dikatakan aman jika nilai minimum kurang dari 1.25.

Untuk memastikan setiap *Pinion* mampu mengangkat beban maksimum hingga 2 ton maka perlu juga menganalisis *Pinion* dengan beban sebesar 2 ton dengan kriteria spesifikasi pengujian yang sama dan didapat nilai *safety factor* terendah adalah 2,14 ul yang terdapat pada bagian antara ulir dan batang poros *Pinion*.

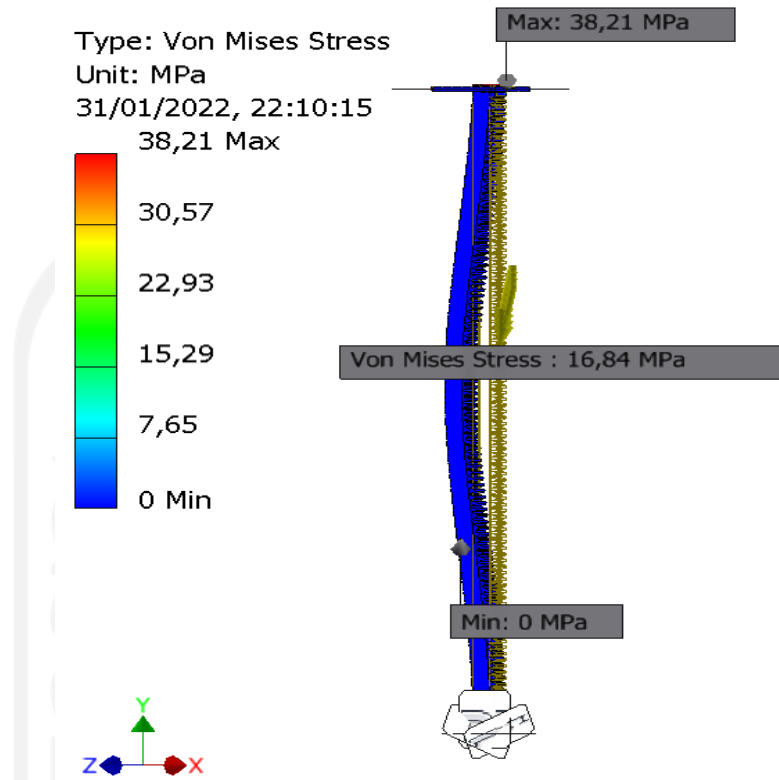


Gambar 4-7 Nilai *Safety factor* Pada *Pinion* Dengan Beban 2 Ton

Sumber : Hasil Pengujian

4.1.2 Hasil pengujian pada Gear Rack

1. Hasil Von Mises Stress Pada Gear Rack



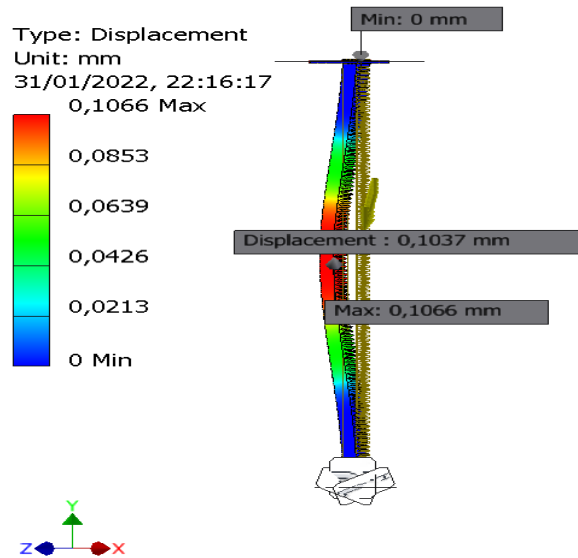
Gambar 4-8 Nilai Von Mises Stress pada Rack

Sumber : Hasil Pengujian

Dari hasil simulasi pengujian pada Rack menggunakan Autodesk Inventor maka didapat nilai Von Mises Stress maksimal sebesar 38,21 Mpa yang ada pada bagian tumpuan bawah. Sedangkan untuk bagian gear tengah yang bersentuhan dengan Pinion pembebanan tidak terlalu besar dan berada diangka 16.84 Mpa.

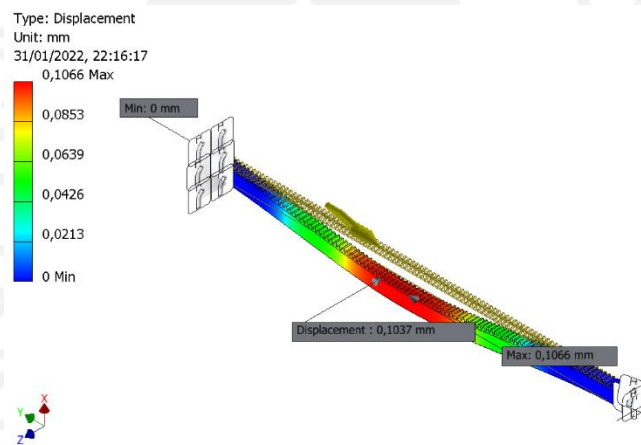
2. Hasil Displacement Pada Rack

Sedangkan untuk pergeseran (Displacement) yang terjadi pada pada Rack jika 4 gigi yang terintegrasi terkena beban dengan beban masing-masing giginya adalah 150 Kg maka didapat nilai maksimum ada di angka 0,1066 mm yang terjadi pada bagian tengah tengah Rack dan nilai displacemen semakin kecil jika semakin dekat dengan letak tumpuan.



Gambar 4-9 Nilai Displacement Pada Gear Rack

Sumber : Hasil Pengujian

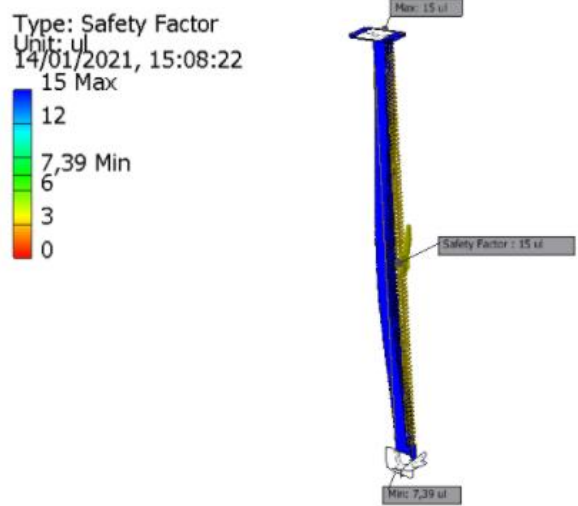


Gambar 4-10 Nilai Displacement Pada Gear Rack (2)

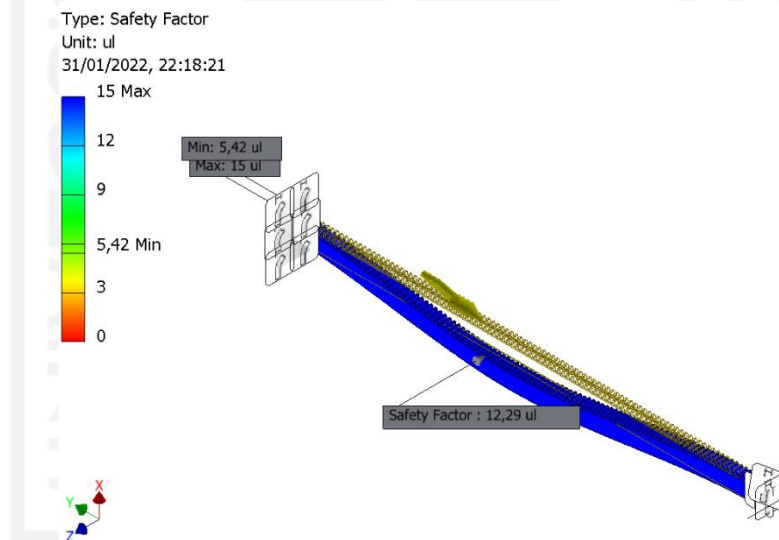
Sumber : Hasil Pengujian

3. Hasil Faktor Keamanan (S_f) Pada Rack

untuk hasil dari simulasi faktor keamanan maka didapat nilai 15 ul maksimum dan nilai minimum adalah 5,42 ul. Dengan melihat minimum yang masih diatas angka 5 maka dengan beban 150 Kg pada setiap gigi dari 4 gigi yang terikat dengan ulir *Pinion* masih aman.

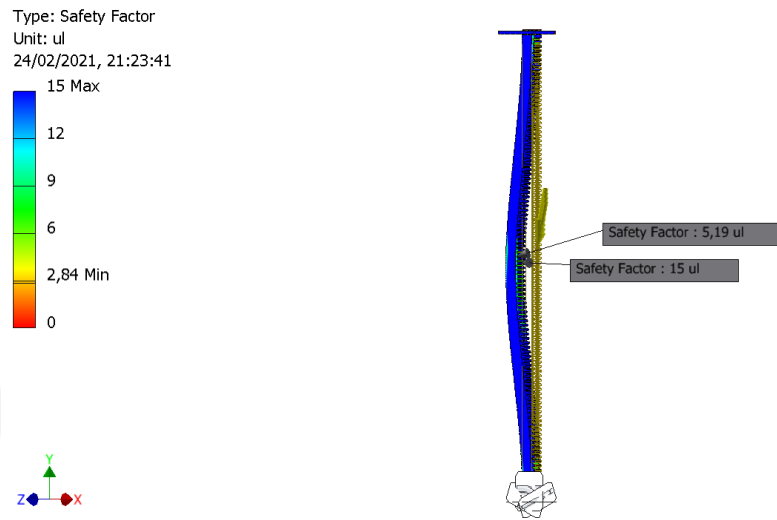


Gambar 4-11 Nilai Safety factor (SF) Pada Gear Rack
 Sumber : Hasil Pengujian



Gambar 4-12 Nilai Safety factor (SF) Pada Gear Rack (2)
 Sumber : Hasil Pengujian

Adapun sama dengan yang dilakukan dengan analisis pada *Pinion* maka perlu juga melakukan pengujian *Gear Rack* dengan kriteria spesifikasi yang sama hanya beban diubah menjadi 2 ton dan didapat nilai *safety factor* sebagai berikut :



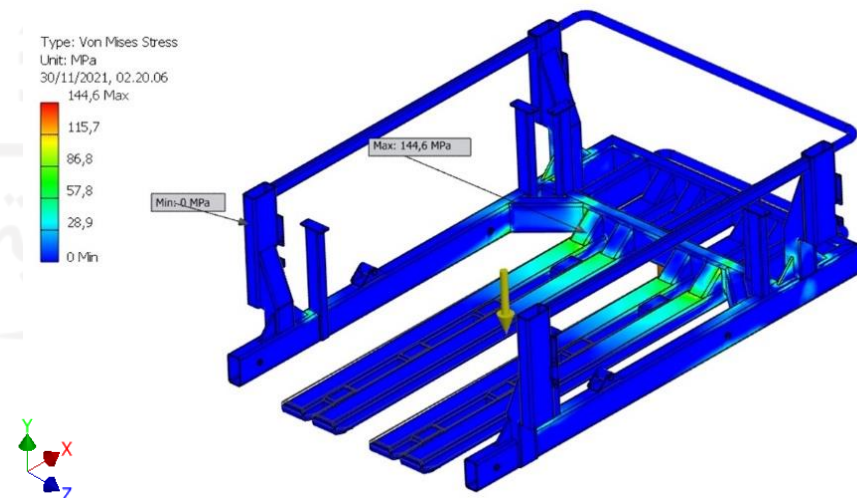
Gambar 4-13 Nilai Safety factor Pada Gear Rack Dengan Beban 2 Ton

Sumber : Hasil Pengujian

Pada pengujian *gear Rack* dengan beban 2 ton maka di dapat nilai maksimum sebesar 2,84 ul dan dapat nyatakan bahwasanya *gear Rack* seperti ini dengan material *steel mild* masih cukup aman meskipun mendapat beban statis sebesar 2 ton.

4.1.3 Hasil Pengujian Rangka Utama Troli

1. Von Mises Stress Rangka Utama Troli



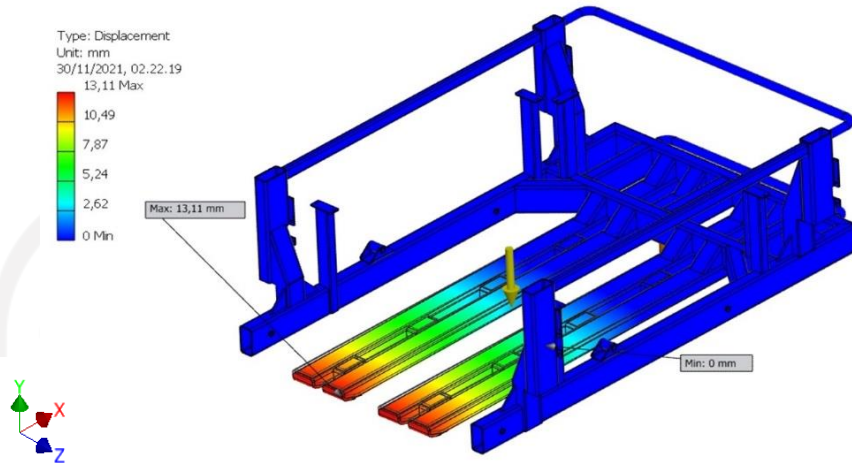
Gambar 4-14 Nilai Von Mises Stress Rangka Utama Troli

Sumber : Hasil Pengujian

Pada pengujian rangka utama kali ini von mises didapat adalah cukup besar dengan nilai 114,6 Mpa maksimal. Dan ini terdapat pada 1 titik di ujung

belakang dari bagian pegangan segitiga *forklift*. Berdasarkan itu maka dapat diketahui nilai *Displacement* terbesar akan terlihat pada di ujung *forklift*.

2. Nilai *Displacement* Rangka Utama Troli



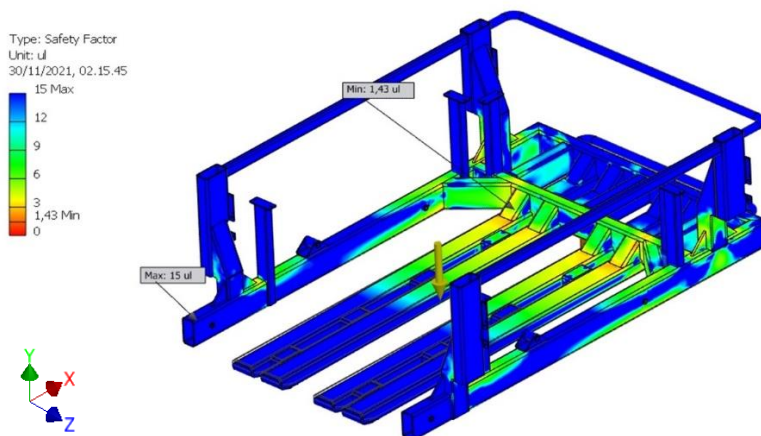
Gambar 4-15 Nilai *Displacement* Rangka Utama Troli

Sumber : Hasil Pengujian

Sesuai dengan hasil simulasi von mises stress maka ditemukan nilai *Displacement* sebesar 13,11 mm dan letaknya ada diujung *forklift*.

3. Nilai *Safety factor* Pada Rangka Utama troli

Dari hasil pengujian *safety factor* didapat nilai minimum dibawah 1,43 ul yang dimana berada pada bagian segitiga pegangan *forklift* belakang, sedangkan untuk standar keamanan sendiri sebaiknya ada di atas 1.25 ul (Beban Statis) sehingga dari hasil pengujian rangka utama troli diatas maka rangka utama troli dinyatakan aman dengan pengujian beban maksimal hingga 2 ton.



Gambar 4-16 Nilai *Safety factor* Rangka Utama Troli

Sumber : Hasil Pengujian

4. Massa pada Rangka Utama Troli

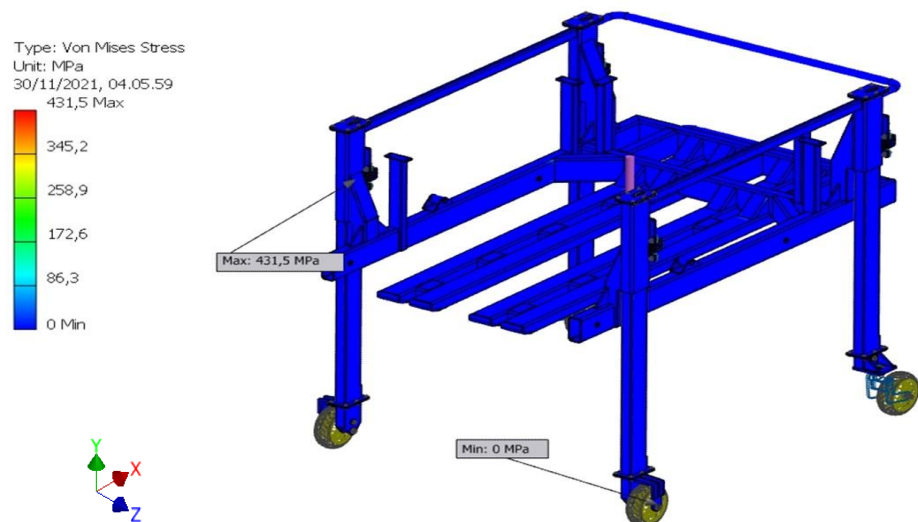
Dikarenakan Rangka Utama Troli juga akan ikut terangkat pada proses *lifting*-nya maka sangat penting untuk mengetahui beban dari rangka utama troli yang di dapat berdasarkan hasil simulasi menggunakan *Autodesk Inventor 2020* yaitu adalah kurang lebih sebesar 395,194 kg dengan menggunakan material *steel mild*. Berikut hasil perhitungan berat dan luas area pada rangka utama troli yang ditunjukkan pada tabel 26 dibawah :

Tabel 26 Total Berat & Luas Area Rangka Utama Troli
Sumber : Hasil Pengujian

Mass	395,194 kg
Area	14183100 mm ²
Volume	50343200 mm ³
Center of Gravity	x=-437,453 mm y=35,8631 mm z=0 mm

4.1.4 Hasil Pengujian *Assembly* Troli

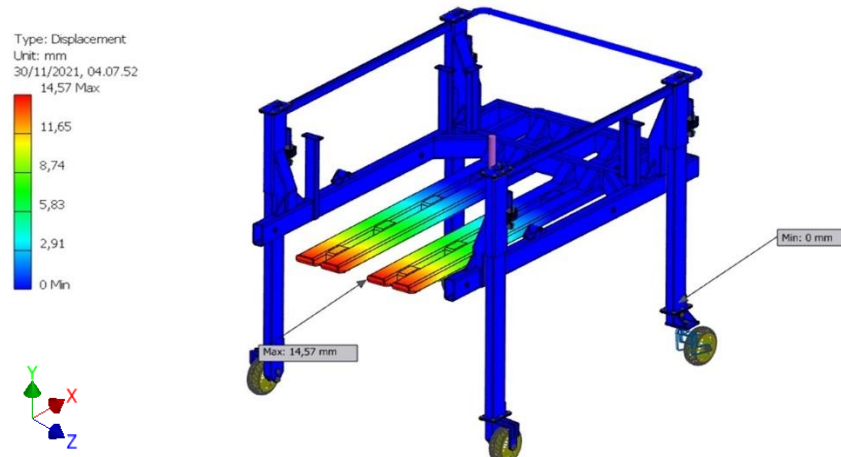
1. *Von Mises Stress Assembly* Troli *Biodigester* Portabel



Gambar 4-17 Nilai *Von Mises Stress* Pada *Assembly* Troli
Sumber : Hasil Pengujian

Melihat hasil simulasi *Von Mises Stress* yang rata-rata sangat kecil nilainya maka dapat disimpulkan bahwa pada posisi paling tinggi troli dengan beban 2 ton masih sangat kuat dengan material baja karbon atau steel mild dengan nilai maksimal 431,5 Mpa.

2. Nilai *Displacement* Pada *Assembly Troli*

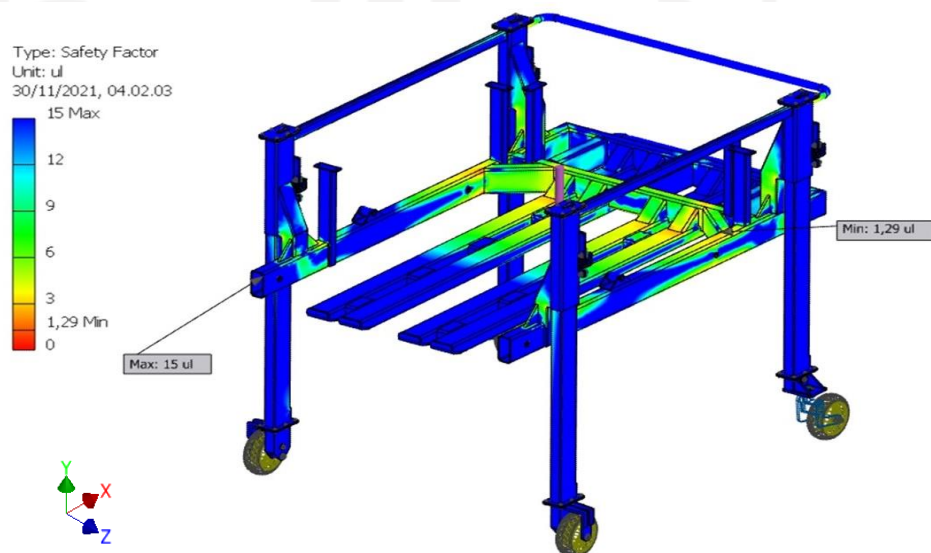


Gambar 4-18 Nilai *Displacement* *Assembly Troli*

Sumber : Hasil Pengujian

Melihat hasil *Displacement* pada *assembly troli biodigester* portabel didapat nilai *Displacement* terbesar ada di bagian ujung terluar *forklift* sama seperti hasil *Displacement* pada pengujian rangka utama sebelumnya, dengan nilai *Displacement* terbesar 14.57 mm.

3. Nilai *Safety factor* Pada *Assembly Troli*



Gambar 4-19 Nilai *Safety factor* Pada *Assembly Troli*

Sumber : Hasil Pengujian

Untuk hasil *safety factor* yang didapat dari hasil simulasi pengujian pada *assembly* troli terdapat nilai minimum ada di angka 1,29 ul. Meskipun sangat dekat dengan angka minimum yaitu di angka 1.25 akan tetapi karena bagian-bagian dengan angka minimum itu sangat sedikit maka dapat di asumsikan bahwasanya troli *biodigester* ini masih dinyatakan **AMAN** dengan beban maksimal 2 ton dengan rentang *safety factor* minimal di 1.25 - 2 ul dikarenakan masuk pada kategori beban statis yang telah dimaksud sebelumnya.

Adapun melihat dari hasil pengujian beberapa part-part penting pada perancangan troli *biodigester* portabel yaitu pengujian rangka utama troli, pengujian *rack & pinion* sebagai mekanisme troli dan pengujian hasil perakitan troli maka didapat hasil bahwasanya perancangan desain dari troli *biodigester* portabel ini dinyatakan **AMAN** dengan beban (statis) maksimum hingga 2 ton.

4.2 Hasil Perancangan *Modelling* Alat

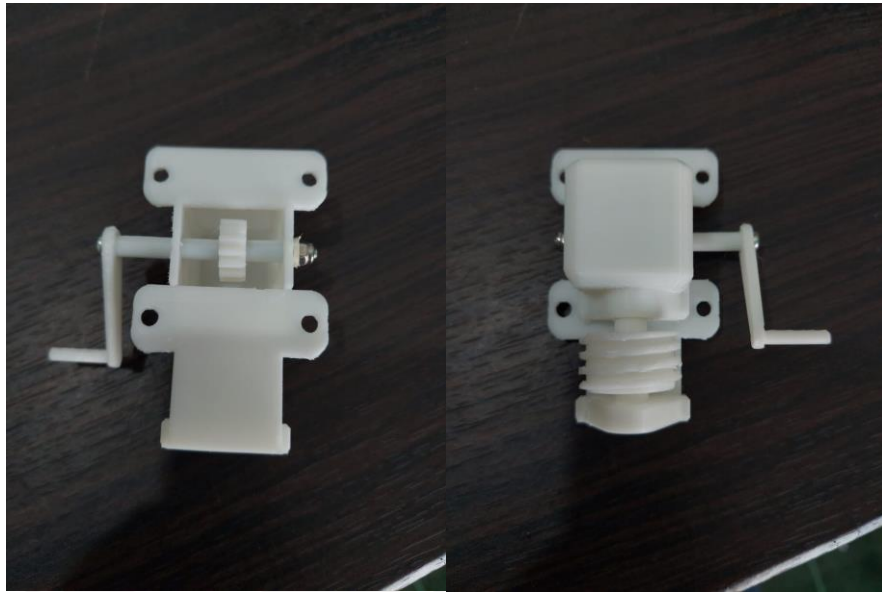
Setelah telah melakukan semua proses *slicer* lalu dilanjutkan dengan proses cetak 3d dari setiap part-part troli yang telah di sortir sebelumnya untuk di print maka selanjutnya ialah tahap dari menyatukan part-part tersebut untuk menjadi sebuah komponen khusus yang telah didesain sebelumnya atau yang sering disebut dengan proses *assembly*, seperti yang telah disebutkan komponen-komponen penting yang perlu diperhatikan pada penelitian ini adalah model dari komponen *Rack & Pinion*, Rangka Utama, dan hasil *assembly* dari keseluruhan komponen model troli yang telah dirancang. Selanjutnya setelah memperhatikan dan menyatukan part-part menjadi beberapa komponen maka perlu diperhatikan apakah fungsi-fungsi dari model troli yang telah dirancang berfungsi dengan baik atau tidak.

4.2.1 Hasil Cetak & *Assembly* *Modelling* *Rack & Pinion*

1. Hasil *Assembly* Model *Pinion*

Berikut merupakan gambar dari hasil *assembly* *Pinion*, dikarenakan adanya kendala dibagian mekanime maka pada perancangan *modelling* alat ini tidak menggunakan *Pinion* aslinya pada desain untuk sebagai penggerak utama tapi menambah sebuah *gear* di bagian dalam rumah *Pinion* hanya sebagai alat untuk

membantu dari proses kinerja dari mekanisme *Rack & Pinion* khususnya dalam proses *lifting* dari model troli nantinya.



Gambar 4-20 Hasil Assembly Model Pinion

Sumber : Hasil Perancangan

2. Hasil Assembly Model *Rack & Pinion*

Berikut merupakan gambar dari hasil *assembly* antara *Rack* dan *Pinion* dapat dilihat pada gambar bahwasanya yang bersentuhan dengan *gear-gear* pada *Rack* ada *gear* tambahan pada belakang bagian rumah *Pinion*. Ini dikarenakan pada desain *Rack* yang di *Printing* posisi *gear Rack* cenderung lebih masuk ke dalam sehingga jika menggunakan *Pinion* aslinya maka ditakutkan nantinya proses dari mekanisme *Rack* dan *Pinion* tidak dapat berfungsi. Desain seperti ini juga dianggap lebih aman terutama dari menghindari patahnya *gear-gear* pada *Rack* jika posisi *gear* lebih diluar dari pada sisi-sisi rumah *Rack* karena berbeda bahan dari desain aslinya yang menggunakan material logam yang kuat.



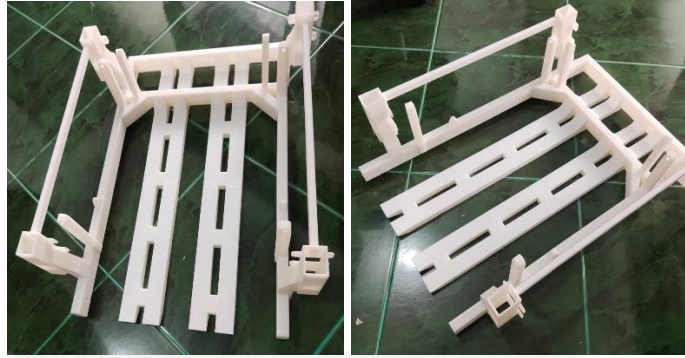
Gambar 4-21 hasil *Assembly Model Rack & Pinion Troli*
Sumber : Hasil Perancangan

Sedangkan untuk hasil percobaan dari mekanisme *Rack & Pinion* maka dapat dikatakan berfungsi sesuai seperti yang diinginkan dimana jika kita memutar tuas ke kanan maka *gear* akan bergerak naik dan jika diputar ke kiri maka *gear* akan bergerak turun.

4.2.2 Hasil Cetak & Assembly Modelling Rangka Utama

1. Hasil *Assembly Model Rangka Utama*

Untuk proses *assembly* dari model rangka utama terdapat beberapa part yang disatukan agar bisa disebut sebagai rangka utama yaitu part seperti bagian belakang rangka, bagian *forklift* (pada bagian ini terpisah setengah bagian dari bagian belakang rangka), dan tiang-tiang support rangka utama yang terlihat di sisi kanan dan sisi kiri dari model rangka utama. Untuk proses penyambungan dari rangka utama ini menggunakan metode *Plug & Play* sehingga pemasangannya mudah untuk di lepas pasang. Sedangkan jika diharap metode ini kurang kuat maka bisa menggunakan zat perekat, akan tetapi jika menggunakan zat perekat part yang telah di *assembly* akan bersifat permanen atau tidak bisa di lepas lagi jika sudah terpasang karena akan merusak material yang telah digunakan.

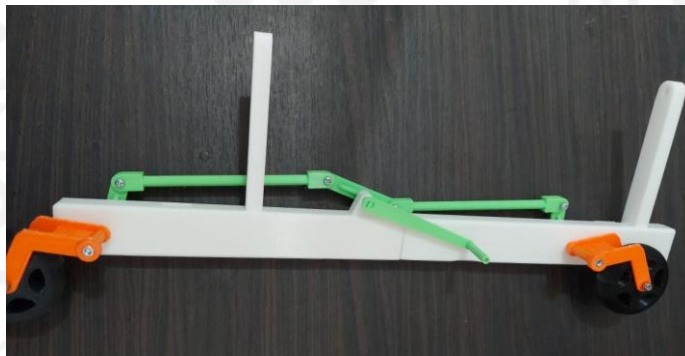


Gambar 4-22 Assembly Model Rangka Utama Troli

Sumber : Hasil Perancangan

2. Hasil Assembly Model Roda Bagian Tengah Troli

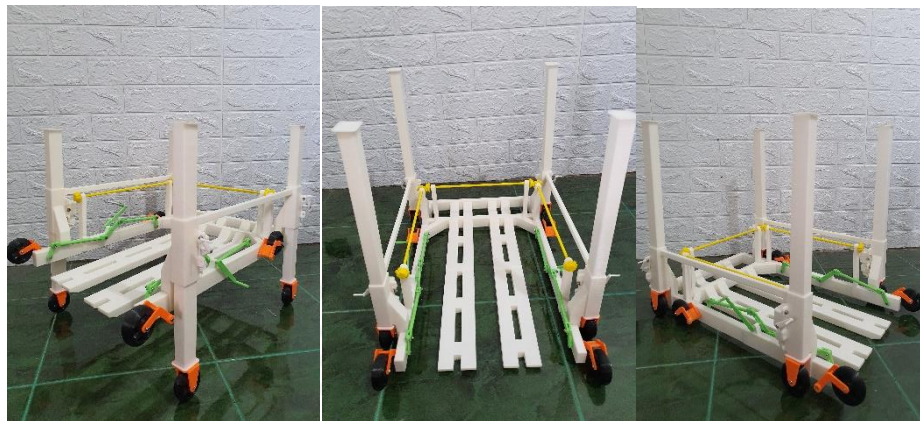
Pada bagian rangka utama juga akan dipasang roda tengah sebagai roda bantu untuk menahan beban pada troli yang nantinya dipasang kedua sisi kanan dan kiri dari rangka utama serta memastikan juga apakah roda tengah bisa digerakkan dengan baik atau tidak adapun untuk bantuan penyambung juga antara sisi rangka utama dengan poros serta pada roda tengah troli menggunakan baut M3. Berikut gambar dari *assembly* model roda tengah pada model rangka utama troli :



Gambar 4-23 Assembly Roda Bagian Tengah Troli

Sumber : Hasil Perancangan

4.2.3 Hasil Cetak & Full Assembly Modelling Troli



Gambar 4-24 Hasil Cetak & Assembly Model Troli 95 %

Sumber : Hasil Perancangan

Gambar diatas merupakan hasil *assembly* model troli troli *biodigester* hanya saja ada pada gambar diatas terdapat part yang belum terpasang yang itu pegangan atas bawah bagian belakang model troli. Gambar diatas juga menunjukkan bahwasanya fungsi dari troli dapat bergerak naik turun dengan baik. Pada proses *assembly* ini semua baut-baut pemasangan menggunakan baut dengan ukuran M3 serta proses pemasangannya masih sama yaitu dengan metode *plug and play*. Adapun untuk pemasangan-pemasangan yang membutuhkan bantuan zat perekat berupa lem ada pada bagian pegangan belakang ini meskipun pada awal pemasangan tidak terjadi masalah dan pegangan masih bisa terpasang dengan baik dengan metode *plug and play*, akan tetapi dikarenakan adanya gaya tekan maka bagian pegangan menjadi melengkung sehingga harus membutuhkan bantuan zat perekat untuk membantu menahan dari part pegangan belakang khususnya pada part pegangan belakang bagian atas. Berikut gambar hasil *assembly* 100% terakhir model troli *biodigester* :



Gambar 4-25 Hasil Assembly Model Troli 100%

Sumber : Hasil Perancangan



Gambar 4-26 tampak samping *assembly* model troli 100%
Sumber : Hasil Perancangan (note : Background remove)



Gambar 4-27 3D *Assembly* Model Troli 100%
Sumber : Hasil Perancangan

Setelah melakukan *assembly* dan melakukan dokumentasi pada hasil *assembly* model troli *biodigester* maka selanjutnya ialah melakukan pengukuran kembali dan didapat ukuran yang melebihi hasil re-desain dengan ukuran panjang total : 54 cm, Lebar total: 38 cm dan tinggi total : 41 cm. perbedaan ini bisa diakibatkan ketebalan hasil cetak serta space/gap yang terlalu besar antara part-part pada hasil *assembly*nya.

4.3 Pembahasan

berdasarkan kriteria-kriteria desain Perancangan dan Pembuatan Troli *Biodigester* yang telah ditentukan sebelumnya, studi literatur, proses desain & simulasi serta perancangan *modelling* alat yang telah dilakukan maka didapat pembahasan sebagai berikut :

1. Pada awal proses desainnya dari troli *biodigester* portabel ini melakukan beberapa penggantian konsep desain mulai dari konsep kerja dari tandu ambulans, *motorcycle lift* serta *erection crane* akhirnya dipilih untuk memadukan konsep dari *forklift* sebagai lengan penghubung antara troli yang dirancang dengan *biodigester* yang dimana tentunya ini sudah menyesuaikan dengan palet standar yang menjadi kaki-kaki dari *IBC Tank* serta konsep *erection crane* yang sebagai mekanisme dalam mengangkat dan menurunkan lengan troli. Adapun dikarenakan pada *erection crane* menggunakan bantuan hidrolik maka pada awal pembuatan desain dari troli ini dicoba menaruh 1 hidrolik di setiap kaki-kaki troli yang berjumlah 4 akan tetapi dikarenakan lengan ekstension hidrolik yang kurang panjang, serta harga hidrolik yang cukup mahal dan juga mengingat beban dari setiap hidrolik maka akhirnya diputuskan untuk menggunakan konsep *Rack & Pineon* dalam mekanisme mengangkat dan menurunkan troli yang dipasang di setiap kaki-kaki troli.
2. Untuk proses naik turunnya sendiri dari rangka utama dan lengan *forklift* troli dari desain troli *biodigester* ini setidaknya mampu bergerak naik hingga 750 mm menyesuaikan rata-rata jarak bak mini truck/mobil pick up dengan tanah (rata-rata antara 650 – 800 mm tergantung merk dan jenis mobil) . Dan pada perancangan troli *biodigester* ini rangka utama dan lengan *forklift* mampu bergerak hingga 900 mm.
3. Dalam proses desain dari troli *biodigester* ini perlu melakukan pemilihan material yang sesuai kriteria desain yang telah di tentukan sebelumnya yaitu kuat, ringan dan tentunya terjangkau mulai dari suplai bahan baku serta harganya dipasaran. Dalam pemelilihan material ini dipilih beberapa material yang dianggap sesuai sebagai komponen utama yaitu baja karbon (*steel mild*) sebagai rangka utama dan part-part tiang serta penyangga lainnya, dan material jenis *stainless steel* yang di part-part yang membutuhkan kekuatan yang lebih

besar seperti pada *Rack & pineon* meskipun menggunakan material baja karbon pada pengujiannya masih dianggap kuat hanya saja baja karbon ini mudah berkarat dan jika menggunakan cat anti karat maka pada saat proses gerak akan merusak cat lapisan karat akibat gesekan dari gerakan *Rack & pineon* itu sendiri. Adapun beberapa material seperti *Bevel Gear* dan *Pillow Block Bearing* akan menyesuaikan material yang ada dipasaran karena part-part ini umumnya mudah ditemukan dan dijual bebas.

4. Setelah melakukan desain dan menentukan material pada setiap part di *software Autodesk Inventor*, selanjutnya ialah melakukan proses *assembly* dari setiap part-part yang telah di desain sebelumnya. Pada tahap ini terjadi beberapa kendala, mulai dari kesalahan konstrain dan ukuran desain yang tidak sesuai antara satu part ke part lainnya.
5. Setelah selesai melakukan proses *assembly* setiap part maka selanjutnya ke bagian inti kedua dari penelitian ini yaitu melakukan simulasi untuk mengetahui kekuatan dan keamanan dari hasil desain troli *biodigester* dan kekuatan material yang dipilih sebelumnya. Dalam perhitungan sebelumnya *IBC Tank* dengan 1000 liter memiliki beban yaitu sekitar 58-60 kg tergantung jenis dan merk dari *IBC Tank* tersebut dengan ukuran palet/ *Fork Hole* adalah lebar 700 - 760 mm dengan tinggi 90 - 100 mm ataupun ukuran palet yang dapat di *custom* menyesuaikan dimensi bagian *forklift* pada troli ini . Dan jika sudah dimodifikasi yaitu bisa menjadi 150 kg (tergantung material dan model modifikasi seperti apa). Dengan fungsi sebagai reaktor biogas maupun pupuk organik maka pada dasarnya semua sampah jenis organik dan campuran air bisa dijadikan bahan bakunya akan tetapi berdasarkan riset, bahwa hasil akan lebih baik jika menggunakan kotoran hewan lalu di campur sampah-sampah organik lalu di campur air. Untuk memudahkan perhitungan maka perlu menghitung beban isi *biodigester* dari berat kotoran sapi dan air, dan jika menggunakan perbandingan terberat yaitu 2:1 maka ditemukan beban isi dari biosigester menggunakan *IBC Tank* berkapasitas 1000 liter yaitu 1,4 ton hingga 1,5 ton perhitungan ini sudah ditambah dengan nilai *safety factor* 1.5 ul. Pada proses simulasinya hanya berfokus pada kekuatan dari rangka utama ,kekuatan dari *Rack & Pineon* serta kekuatan dari hasil *assembly* desain troli. Untuk

memastikan kekuatan dari desain troli ini maka dipilih untuk meratakan beban pada setiap pengujian yaitu dengan beban 2 TON.

6. Adapun hasil simulasi yang didapat menggunakan *Autodesk Inventor* dapat dikatakan masih sangat aman, tentunya dengan menggunakan material yang telah disebutkan sebelumnya adapun ada beberapa masalah pada kekuatan di bagian segitiga penghubung antara lengan belakang *forklift* dengan tulang rangka pada belakang troli, Meskipun demikian hanya didapat satu titik lingkaran kecil saja tapi tentunya akibat satu titik lingkaran kecil ini sangat mengganggu perhitungan simulasi karena membuat nilai keamanan dari troli *biodigester* portabel ini memiliki nilai minimum 1,29 dan ini sangat mendekati nilai minimum yaitu 1.25. Akan tetapi jika melihat jumlah dan letak nilai minimum SF yang didapat dari hasil pengujian masih tetap yakin jika troli masih dapat dinyatakan aman meskipun untuk menahan beban 2 ton sekalipun, selama hasil simulasi pengujian tidak ditemukan nilai SF dibawah 1.25 ul.
7. Setelah melakukan proses desain dan simulasi pada desain, maka selanjutnya ialah melakukan pembuatan *modelling* alat dengan batasan ukuran yang sudah ditentukan yaitu tidak lebih dari 50 cm. pada awalnya telah dicoba untuk membuat *modelling* dengan menggunakan material aslinya akan tetapi *modelling* menggunakan material aslinya terkendala akibat mahalnya bahan baku material, bentuk material dipasaran yang langka, perbedaan-perbedaan ukuran *Gear Pinion* dan lain sebagainya serta keterbatasan dalam penggunaan alat kerjanya dan proses kerja yang lama, Sehingga dengan menggunakan *modelling* menggunakan metode 3d *Printing* hanya saja dalam proses *modelling* 3d *Printing* maka harus melakukan tahapan *re-scaling*, proses *re-scaling* dalam penelitian ini tujuannya mengubah ukuran troli lebih kecil dari ukuran sebenarnya, meskipun fitur ini ada pada di *software Autodesk Inventor* hanya saja banyak kendala-kendala terutama pada bagian yang memang dari awal memiliki ukuran yang sangat kecil dan banyak terdapat pada ketebalan part. Oleh karena itu, akhirnya dilakukan proses desain ulang menyesuaikan ukuran-ukuran part yang akan di cetak menggunakan 3d *Printing* nantinya. Setelah melakukan redesain maka selanjutnya adalah proses *slicer* menggunakan *software ultimaker cura*, *slicer* ini bertujuan seperti telah

dijelaskan sebelumnya untuk mengubah file desain menjadi file perintah kerja mesin. Pada proses *slicer* ini juga dapat di prediksi kebutuhan *filament* yang akan digunakan dalam mencetak serta perkiraan waktu mencetak. Untuk proses cetaknya dipilih menggunakan mesin 3d *Printing* yang memiliki ukuran meja kerja yaitu 30x30x34 cm sehingga pada proses pengerjaannya lebih efisien serta menggunakan *filament* jenis pla+ karena *filament* jenis ini murah, kuat, lebih *printable* dan pilihan warna yang lebih banyak.

8. Dalam proses *Printing*nya banyak kendala-kendala seperti macetnya nozzle 3d print maupun seperti pembacaan perintah mesin yang salah sehingga terjadi pergeseran dalam mencetak, akan tetapi hasil dari 3d *Printing* dari setiap part-partnya masih cukup baik, sehingga ketika melakukan proses *assembly modelling* alat dapat dilakukan dengan mudah dan sesuai seperti hasil re-desain mekanisme dari *modelling*nya troli *biodigester* juga dapat bergerak naik turun seperti yang diharapkan. Meskipun ukuran *modelling* sudah ditentukan tidak boleh melebihi 50 cm akan tetapi pada proses ukuran *assembly* terakhir ukuran yang pada hasil re-desain model troli yang telah ditetapkan adalah panjang 50 cm, Lebar : 37 cm dan Tinggi : 40 cm menjadi panjang total : 54 cm, Lebar total: 38 cm dan tinggi total : 41 cm pada hasil nyatanya. Adapun untuk memudahkan proses bongkar pasang dari setiap partnya digunakan metode *plug and play*. Adapun part-part yang harus menggunakan bantuan zat perekat adalah *handle* atas dan bawah troli pada bagian belakang troli.

Berikut beberapa hal pada bab ini yang dapat disampaikan, penelitian ini hanya berfokus pada proses dan hasil desain troli *biodigester* serta pada analisis beban dan simulasi kekuatan dari hasil desain troli tersebut melalui beberapa *software* yang telah disebutkan sebelumnya. sehingga masih banyak hal yang perlu di pertimbangkan sebelum memproduksi troli *biodigester* ini untuk digunakan secara layak dan benar.

Adapun untuk mengetahui kekuatan manusia yang dibutuhkan untuk memutar tuas untuk mengangkat troli ini diperlukan penelitian lebih lanjut seperti perhitungan diameter dan panjang poros, sudut pada gigi, diameter gigi dan perhitungan-perhitungan yang berkaitan lainnya. untuk kekuatan manusia sendiri untuk memutar tuas pada dasarnya masih sangat relatif dan bisa berbeda-beda sehingga

diperlukan lagi sebuah penelitian untuk mengetahui kekuatan manusia dalam memutar tuas satu tangan dan ini sangat tergantung dengan keadaan dan kondisi fisik dari setiap orang, serta sampai saat ini belum ada penelitian yang membahas tentang kekuatan manusia dalam memutar tuas satu tangan. Akan tetapi dalam perancangan ini ada baiknya jika output tuas untuk memutar agar troli terangkat tidak adakah dibawah 5 kgm.



BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Adapun dari penelitian didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini maka didapat sebuah desain troli yang dapat mengangkat sebuah troli *biodigester* portabel yang menggunakan *IBC Tank* dengan kapasitas 1000 liter dan dimensi : Panjang 1,2 m, lebar 1 m, dan tinggi 1,16 m. dengan sistem *Rack & Pinion* serta tambahan model *forklift* yang ditanamkan sebagai konsep pada desain troli pada penelitian ini diharap dapat membantu memudahkan dalam mengangkat dan memindahkan *Biodigester* yang telah dijelaskan diatas. Dimensi desain troli ini adalah sisi panjang : 2,1 meter, lebar : 1,77 meter dan tinggi total : 1,72 meter. Dengan jarak naik turun rangka utama 900 mm.
2. Untuk proses pengujian dari desain troli *biodigester* portabel sendiri dengan menggunakan *software* autodesk inventor 2020 di dapat hasil dapat dikatakan “aman” dengan beban maksimal 2 TON, sedangkan dari hasil perhitungan yang didapat untuk beban dari isi *biodigester* sendiri hanya di antara 1,5 – 1.6 TON.
3. Dimensi dari hasil *re-modelling* troli *biodigester* pada penelitian ini adalah : Panjang : 50 cm, lebar : 30 cm dan tinggi : 40 cm. Proses *3d Printing*nya menggunakan *filament* jenis *polylactid acid* + (PLA+) dengan diameter 1.75 mm serta titik leleh antara 200 - 225 *celcius*. Dan membutuhkan sekitar 1378 gram *filamen* jenis PLA +. Terdapat perbedaan ukuran hasil redesain *modelling* troli dengan ukuran *modelling assembly* troli *biodigester* aslinya yaitu menjadi panjang total : 54 cm, Lebar total: 38 cm dan tinggi total : 41 cm.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Adapun beberapa saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut :

1. Dalam membuat konsep suatu dari desain ada baiknya jika sekalian memikirkan dan merencanakan metode untuk proses pembuatan model dari desain yang telah desain.

2. Dalam melakukan sebuah penulisan karya ilmiah sebaiknya memperhatikan bahasa yang tepat sehingga dapat mudah untuk dipahami bagi setiap kalangan.
3. Tingkatkan kualitas dalam membaca dan mengelolah informasi yang didapat menjadi data sehingga tidak ada kesalahan dalam pemilihan referensi penulisan ataupun kesalahan analisis diakibatkan salahnya input data.
4. Disadari bahwasanya penelitian diatas masih jauh dari kata sempurna maka ada beberapa penelitian yang dapat dibuat dalam mendukung penyempurnaan dari penelitian "Perancangan & Pembuatan Model Troli *Biodigester* Portabel" ini, diantaranya adalah :
 - a. Membuat sebuah analisis dan pengujian berapa output beban *real* dalam memutar tuas *Rack & Pinion* Troli sehingga diketahui berapa kemampuan manusia dalam memutar tuas troli yang berfungsi untuk mengangkat troli.
 - b. Membuat sebuah penelitian yang bisa mengetahui rentang kekuatan manusia dalam memutar tuas satu tangan.
 - c. Memperhitungkan kelayakan kerja dari *rack & pinion* yang menjadi mekanisme *lifting* troli *biodigester* portabel ini.
 - d. melakukan perhitungan beban dari *biodigester* secara aktual dilapangan.
 - e. Memodifikasi desain pada penelitian diatas untuk mempermudah kinerja dari mekanisme trolinya seperti menambah komponen-komponen elektrik atau komponen pendukung lainnya.
 - f. Perhitungan apakah alat troli *biodigester* dinilai dari sisi ekonomis dalam penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

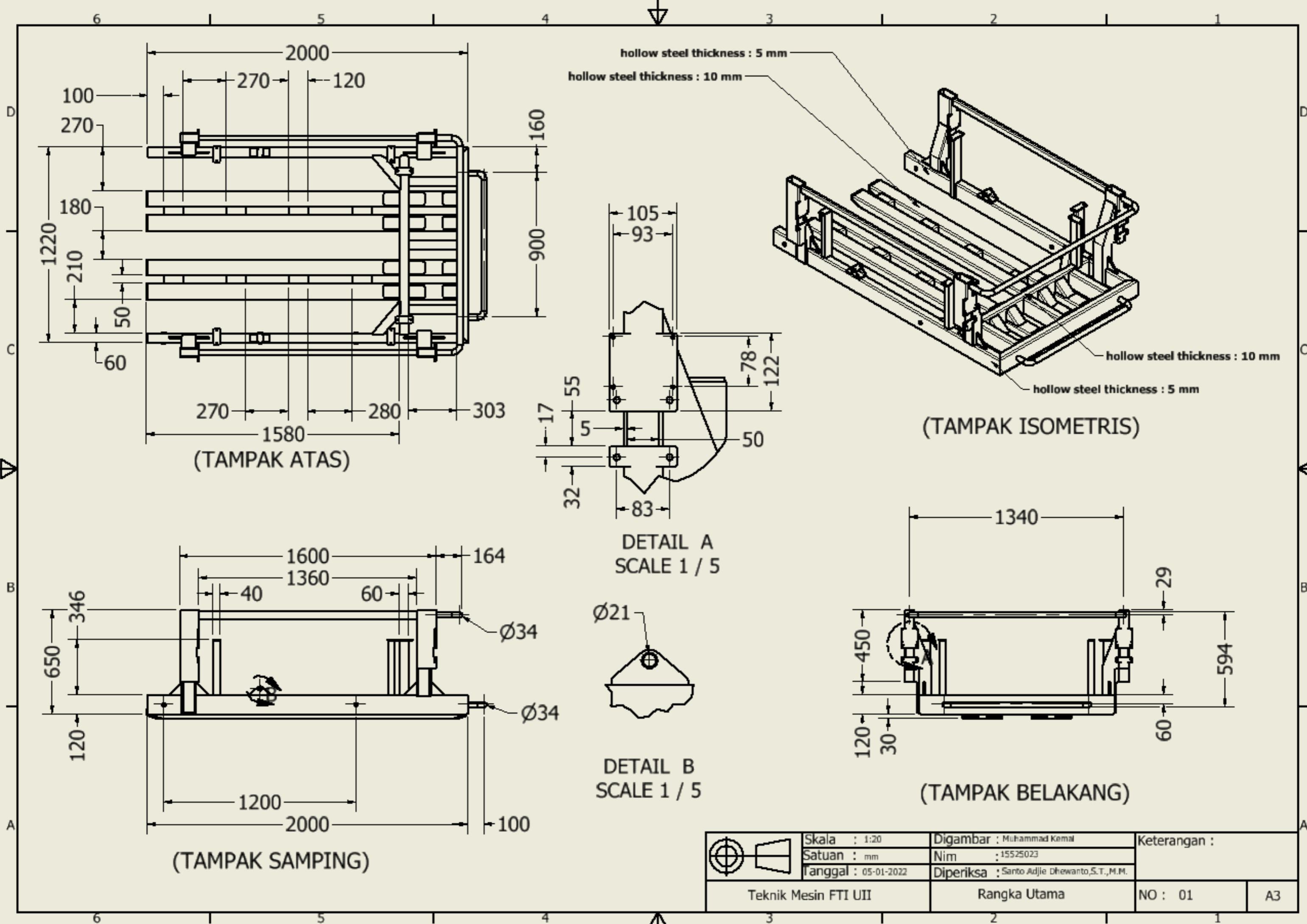
- Anggito, A. T. (2014). Perancangan Alat. In A. T. Anggito, *Studi Pembangunan Energi Listrik Berbasis Biogas* (p. 41). Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Dobrovolsky, V. (1978). *machine Elements*. Moscow: Peace Publisher.
- Driyantama, S. (2018). *Pembuatan Trolley Lipat Sebagai Alat Bantu Angkut Barang*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Kuswana, D. W. (2017). *Ergonomi dan K3, Cetakan 3*. Bandung: Rosda.
- mu'annah, C. C. (2017). kajian karakteristik digester kotoran sapi berdasarkan komposisi air berbasis kinetika gas metana untuk produksi gas bio. *rekayasa pertanian dan biosistem*, Vol.5, No.1.
- Pheasant, S. (2003). *Bodyspace. Anthropometry, Ergonomics and Desain, Second Edition*. London: Taylor & Francis.
- Popov, E. (1989). *Mekanika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Qinuo. (2021, April 2). *IBC Tank Product Details*. Retrieved from Alibaba.com: <https://portuguese.alibaba.com/product-detail/factory-supplier-1000l-water-fuel-bulk-liquid-transport-tank-chemical-storage-tanks-60687955562.html>
- Rozik, M. A. (2020). *Perancangan Dan Analisis kekuatan Rangka Mesin Pengayak Pasir Menggunakan Autodesk Inventor 2019*. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945.
- Sunarso. (2010). *perancangan Troli sebagai alat bantu angkut galon air mineral dengan pendekatan Anthrophometri*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Vidosic, J. P. (1957). *machine Desain project*. Michigan: Ronald Press Company.
- Wignjosoebroto, S. (1995). *Ergonomi, Studi gerak dan Waktu, Teknik Analisis Untuk Peningkatan Produktivitas kerja. Edisi Pertama*. Jakarta: Guna Widya.
- yefrichan. (2012, 10 10). Retrieved from <http://libratama.com/faktor-keamanansafety-factor-dalam-perancangan-elemen-mesin/>
<http://libratama.com/faktor-keamanansafety-factor-dalam-perancangan-elemen-mesin/>

Zainuri, A. M. (2006). *Mesin Pemindah Bahan (material handling equipment)*.
Yogyakarta: C.V Andi Offset.

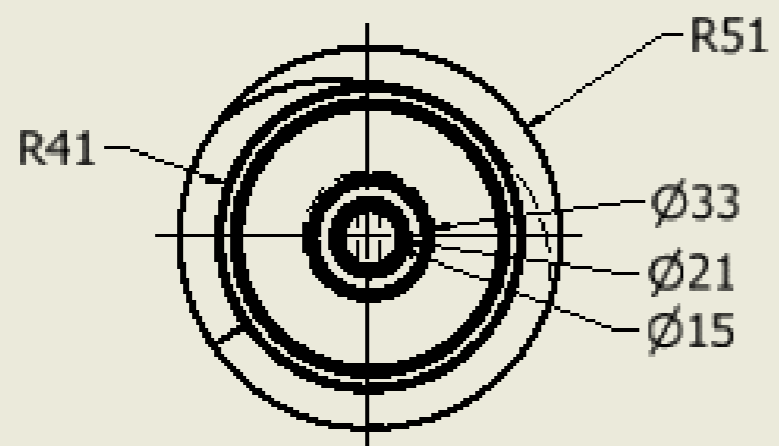




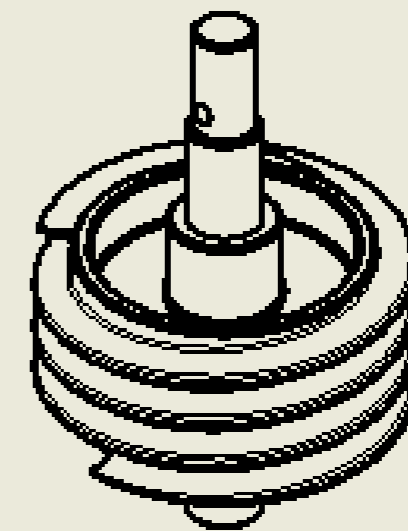
LAMPIRAN



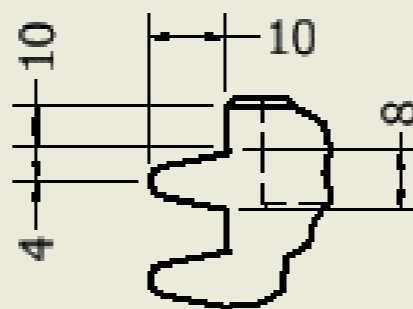
	Skala : 1:20	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.		
Teknik Mesin FTI UII		Rangka Utama		NO : 01
				A3



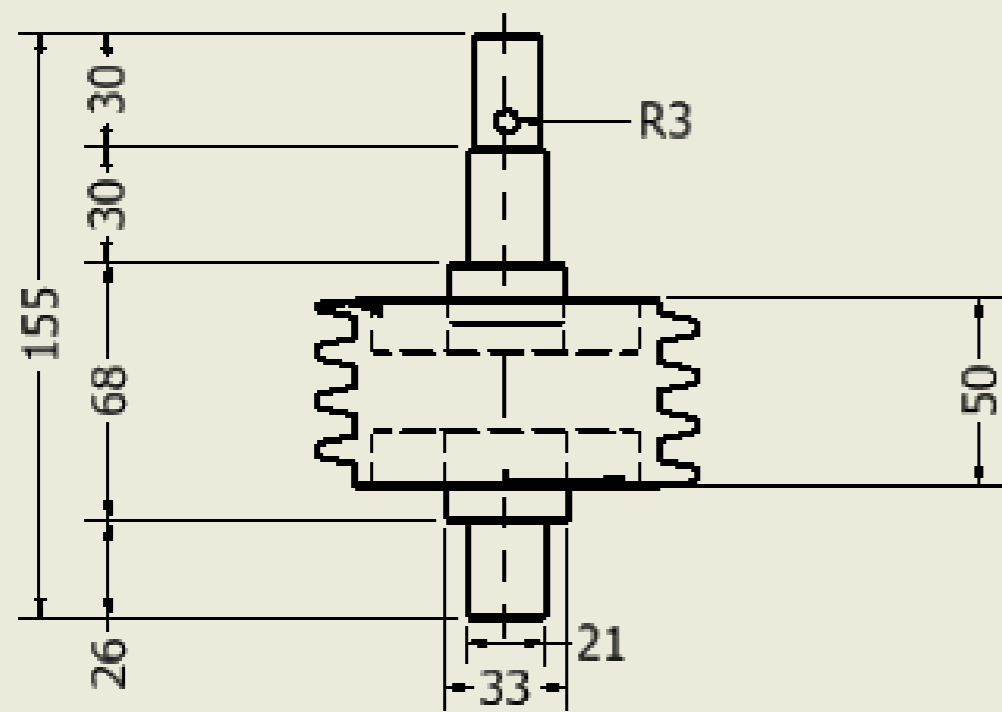
(TAMPAK ATAS)



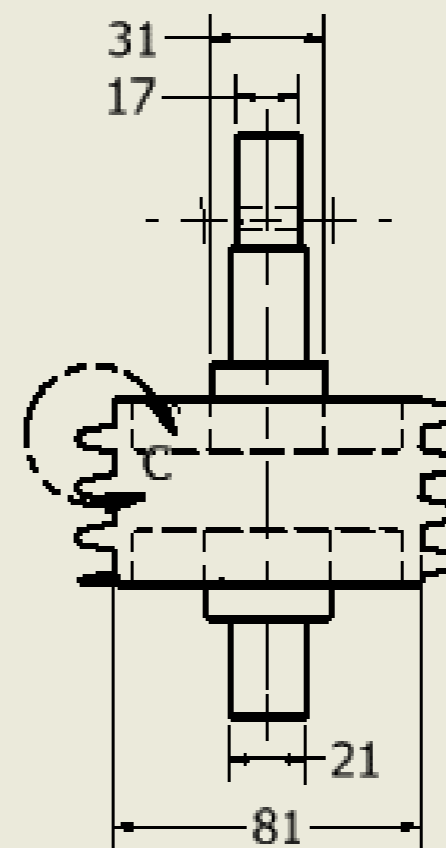
(TAMPAK ISOMETRIS)



DETAIL C
SCALE 1 : 1

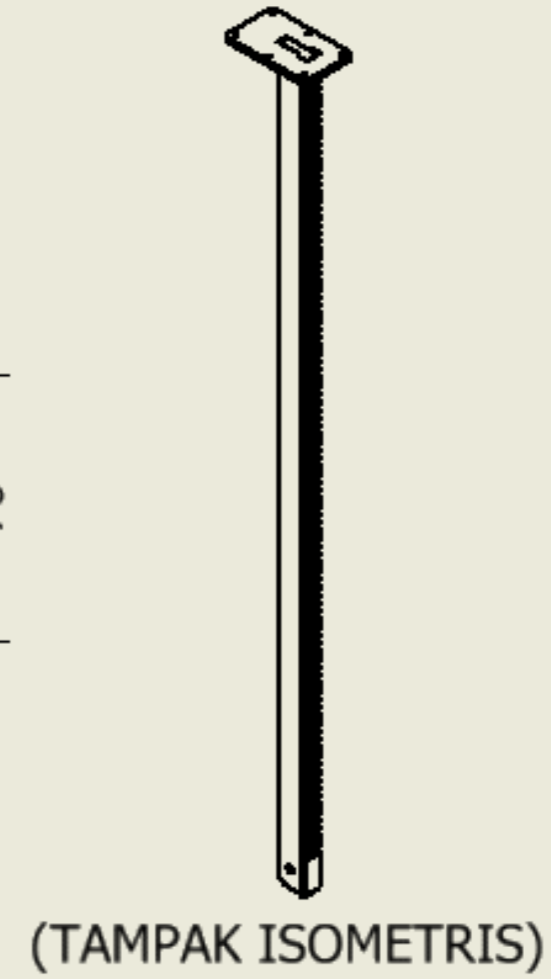
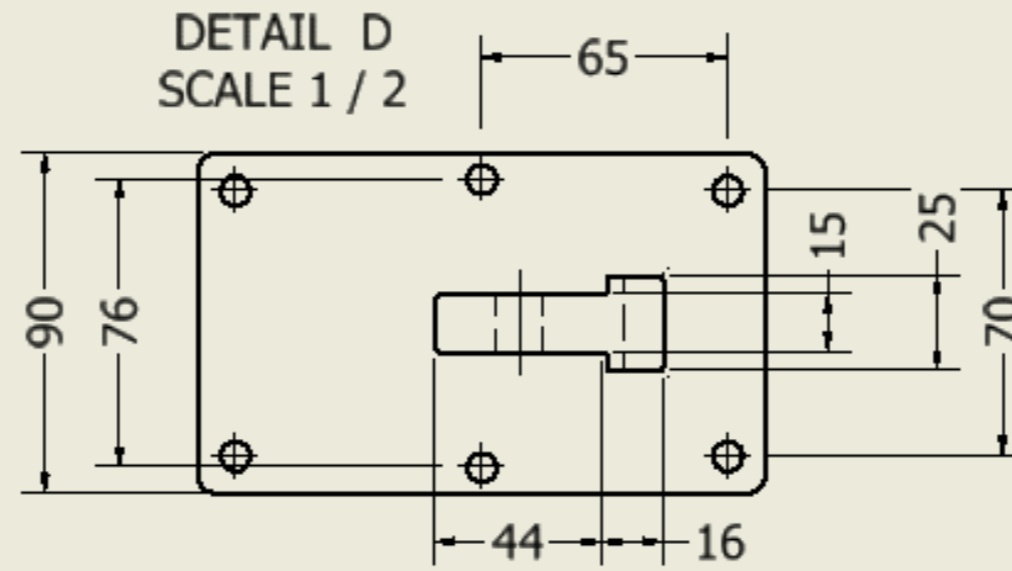


(TAMPAK DEPAN)

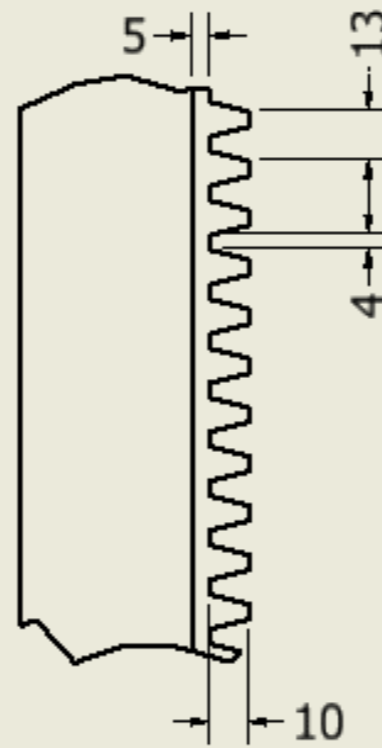
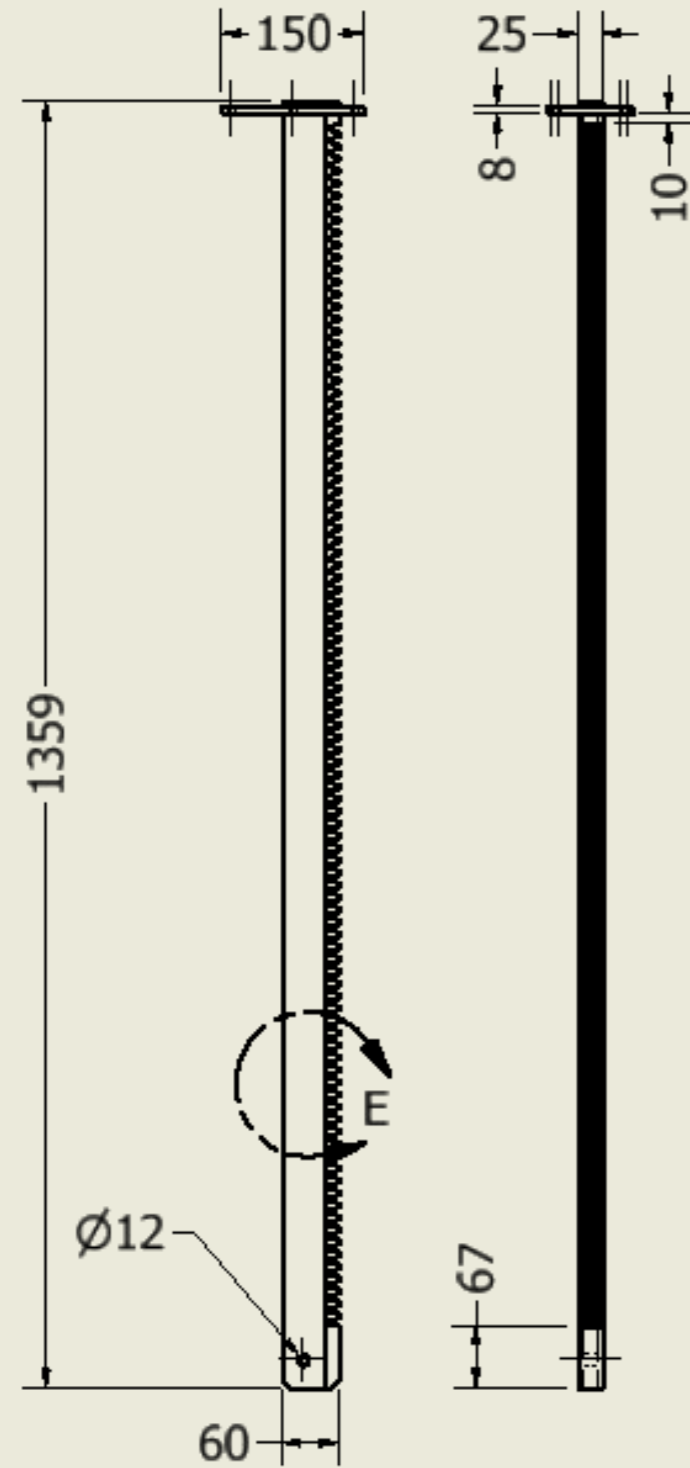


(TAMPAK SAMPING)

	Skala : 1:2	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :		
	Satuan : mm	Nim : 15525023			
	Tanggal : 05.01.2022	Diperiksa : Santo Adje Dhewanto,S.T.,M.M.			
Teknik Mesin FTI UII		Pinion		NO : 02	A3

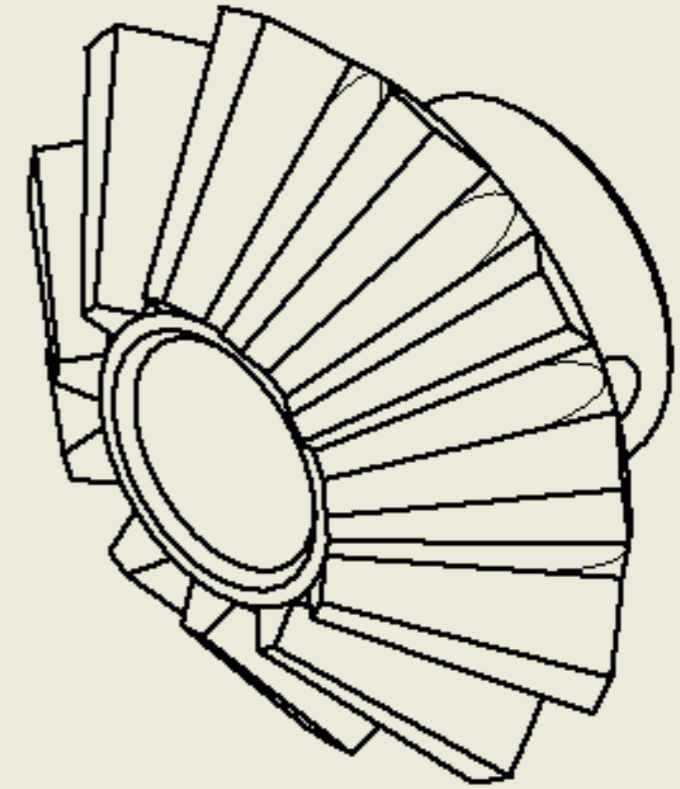
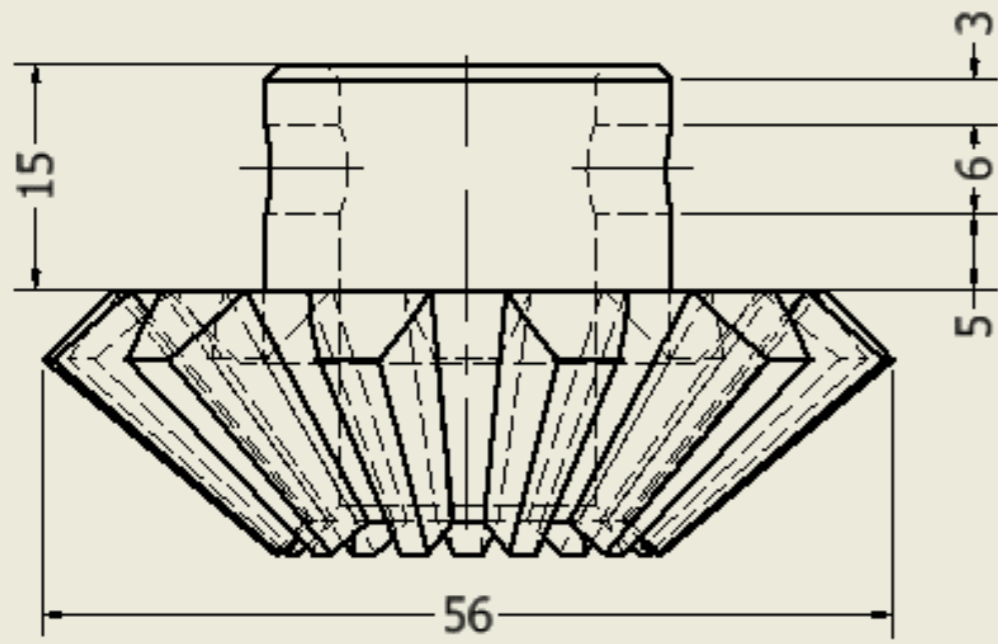


(TAMPAK SAMPING)

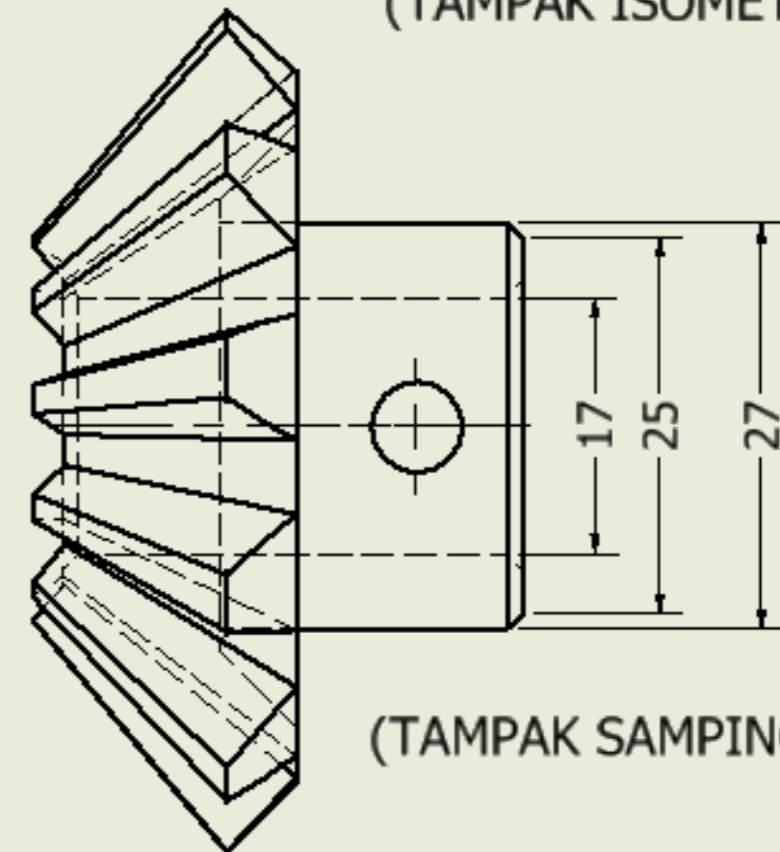


	Skala :	Digambar :	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim :		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa :		
Teknik Mesin FTI UII		Rack		NO : 03
				A3

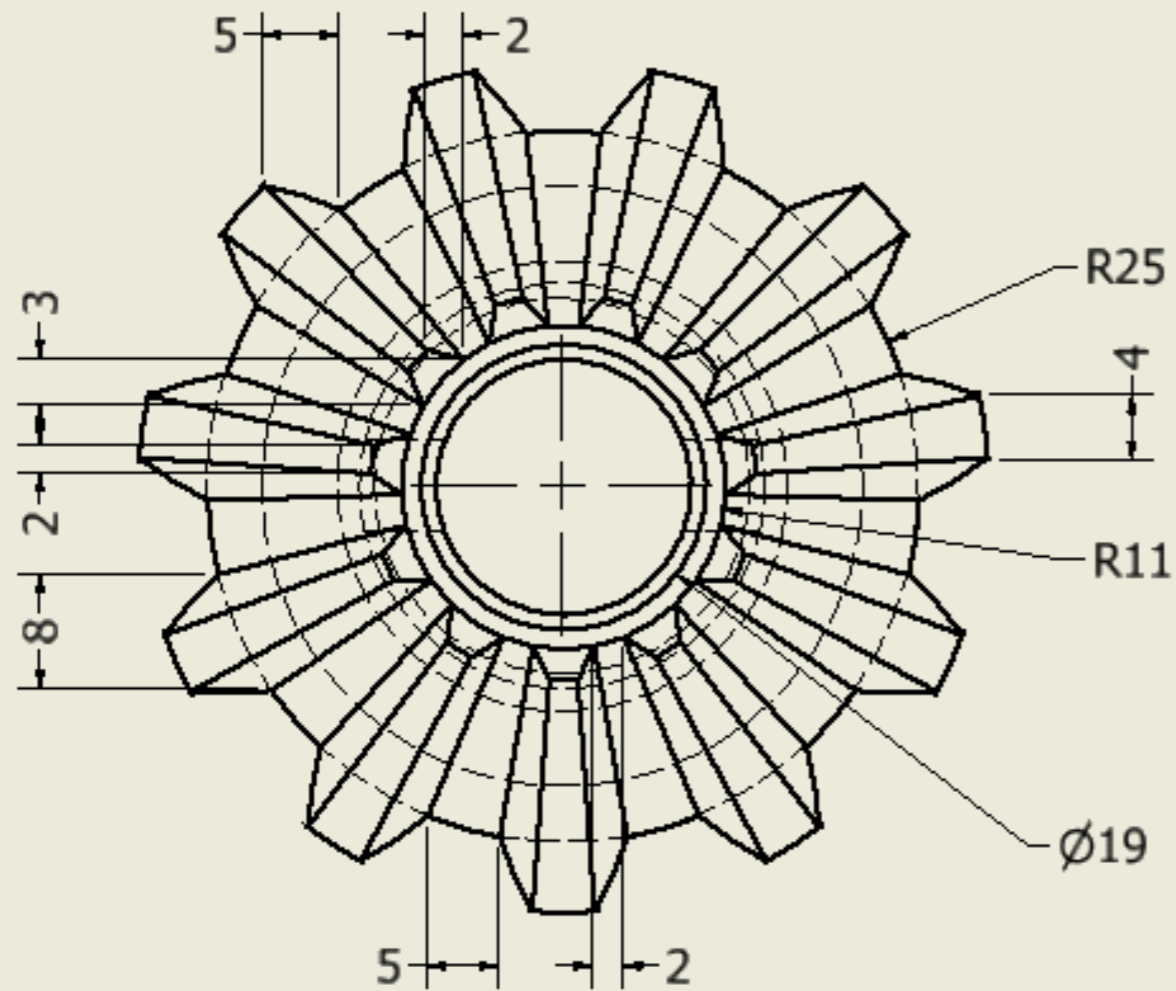
(TAMPAK ATAS)



(TAMPAK ISOMETRIS)

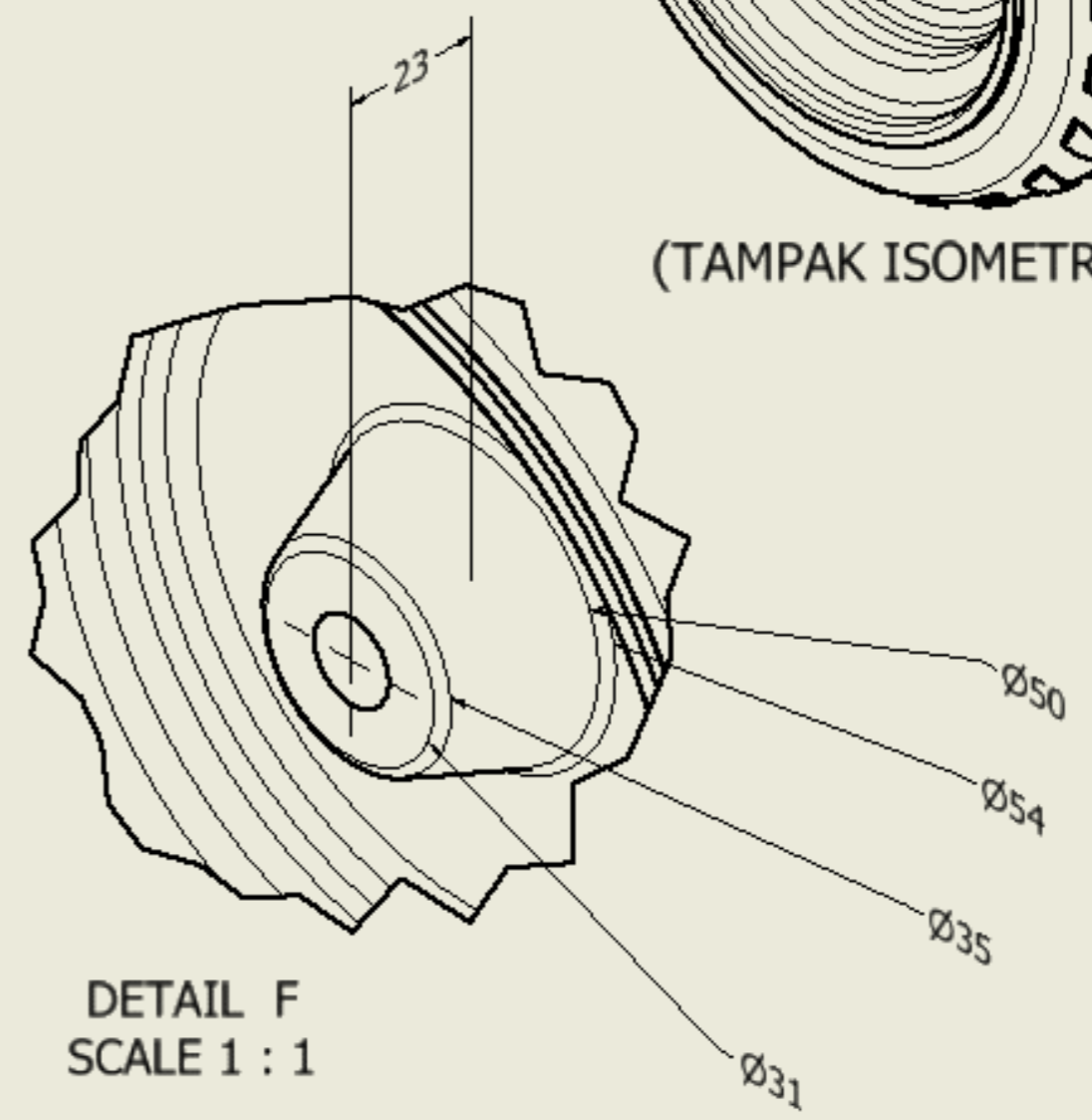
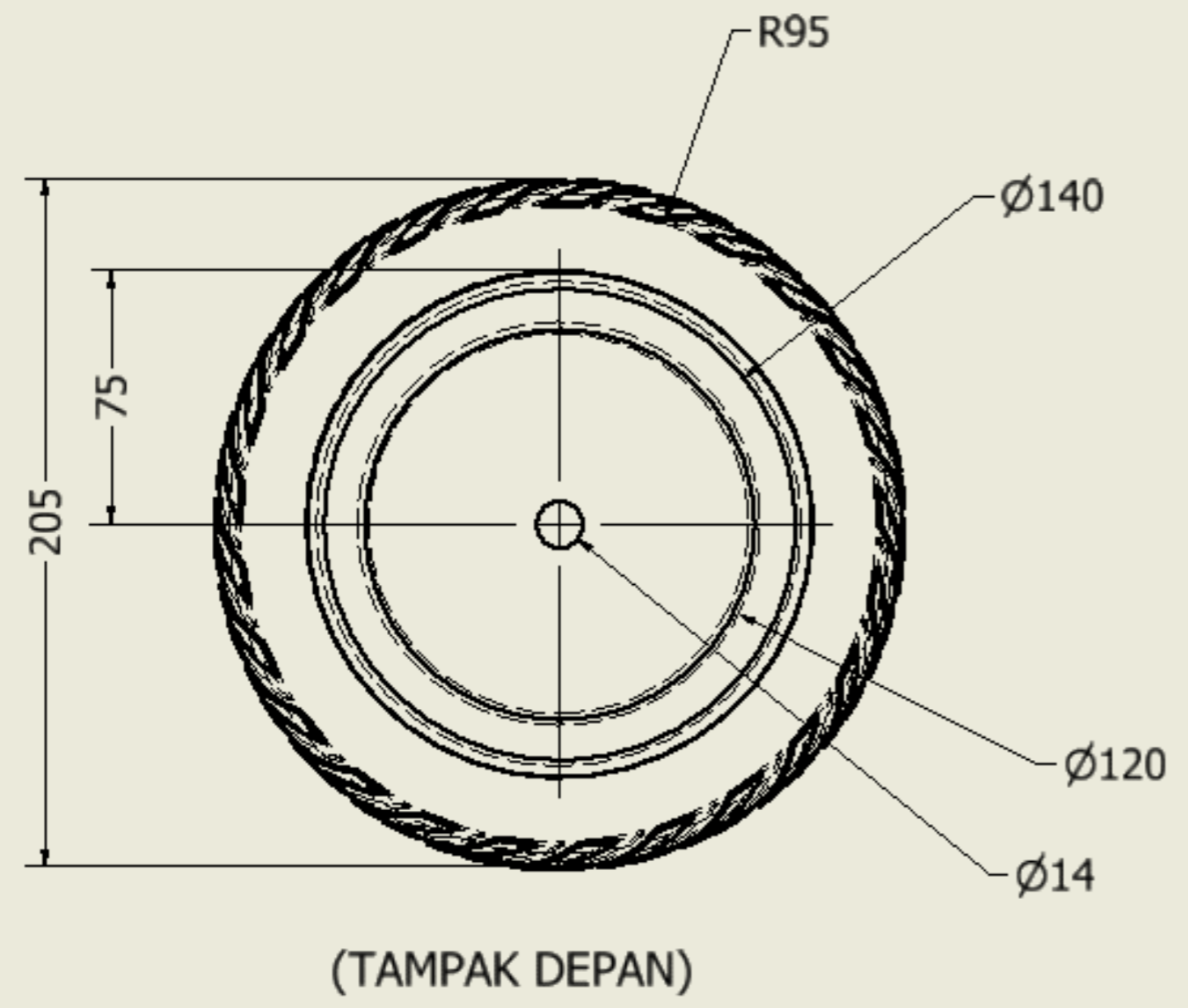
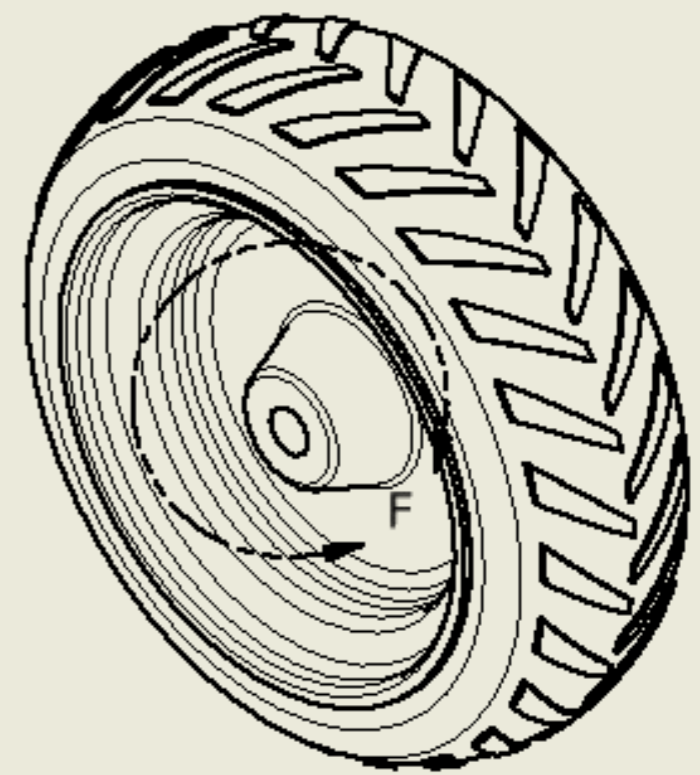
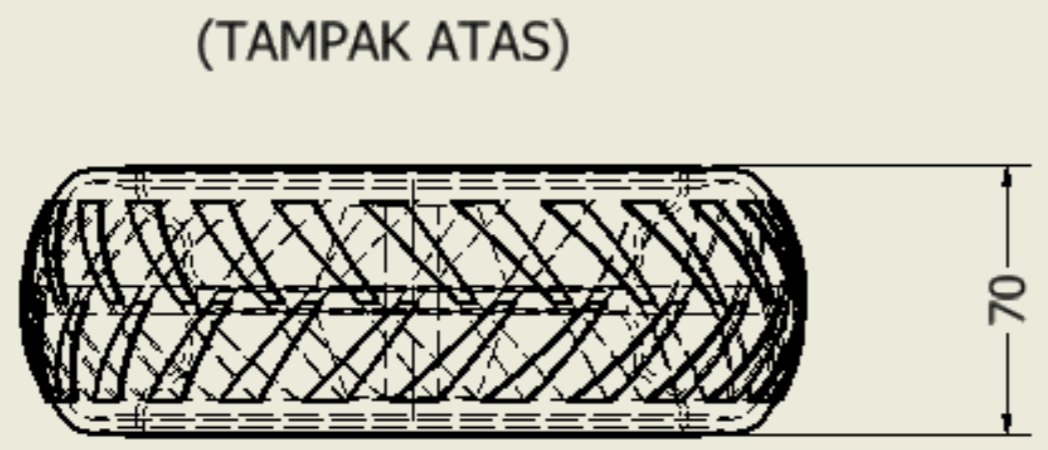


(TAMPAK SAMPING)

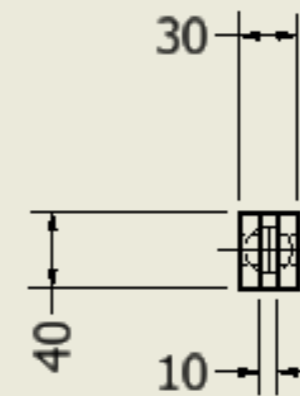
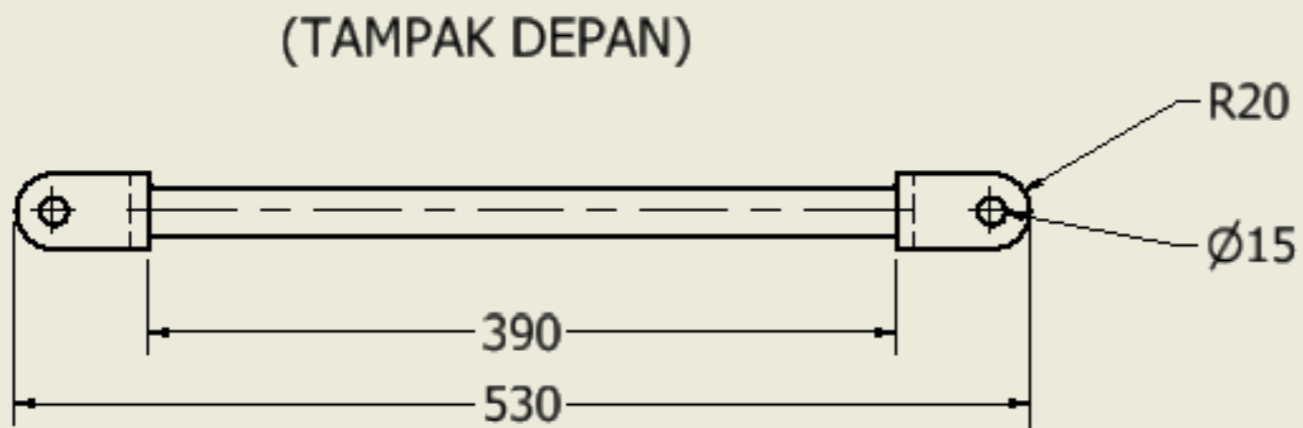
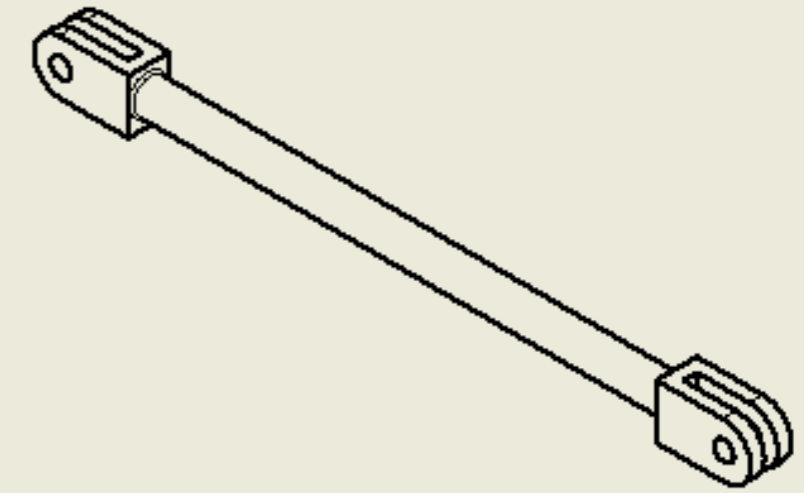
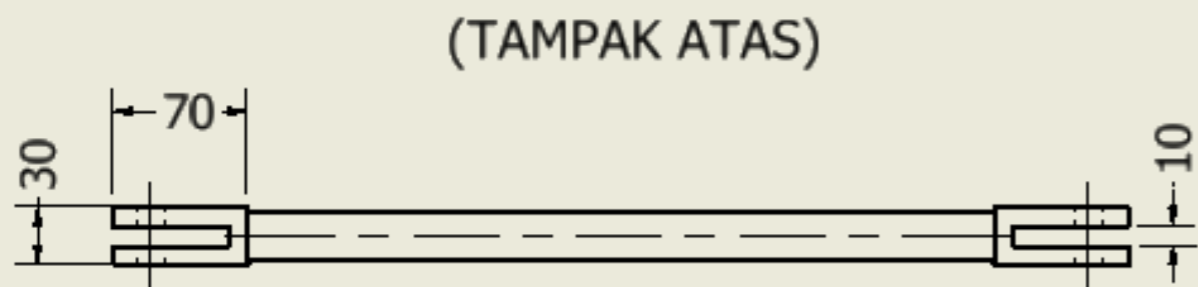


(TAMPAK DEPAN)

	Skala : 1:1	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :		
	Satuan : mm	Nim : 15525023			
	Tanggal : 05 01 2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.			
Teknik Mesin FTI UII		Bevel Gear		NO : 04	A3

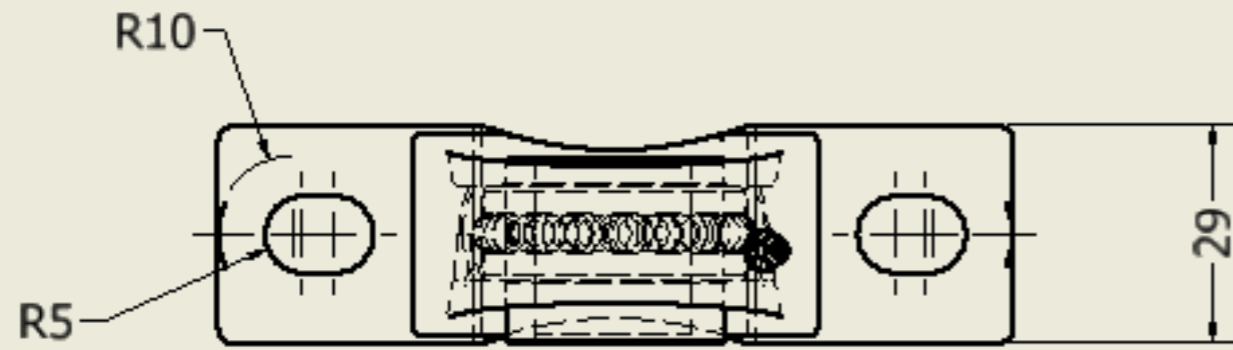


	Skala : 1:1	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.		
Teknik Mesin FTI UII		Roda Troli (8 inch)	NO : 05	A3

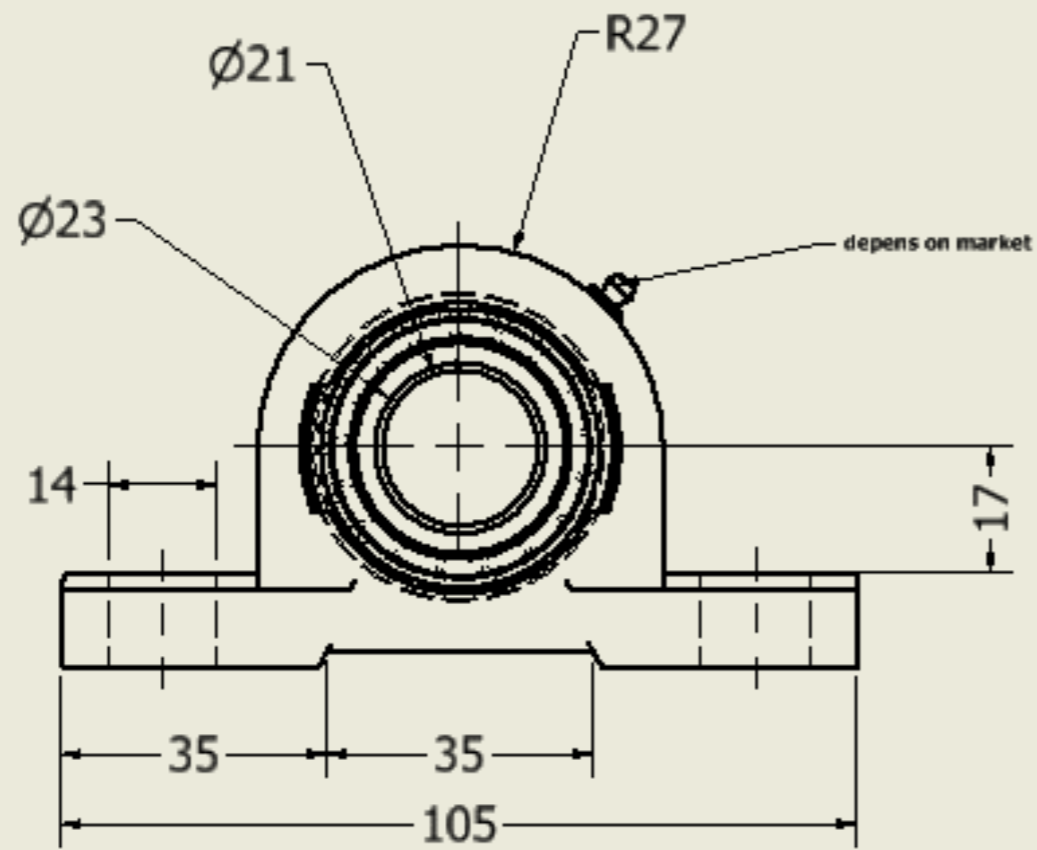
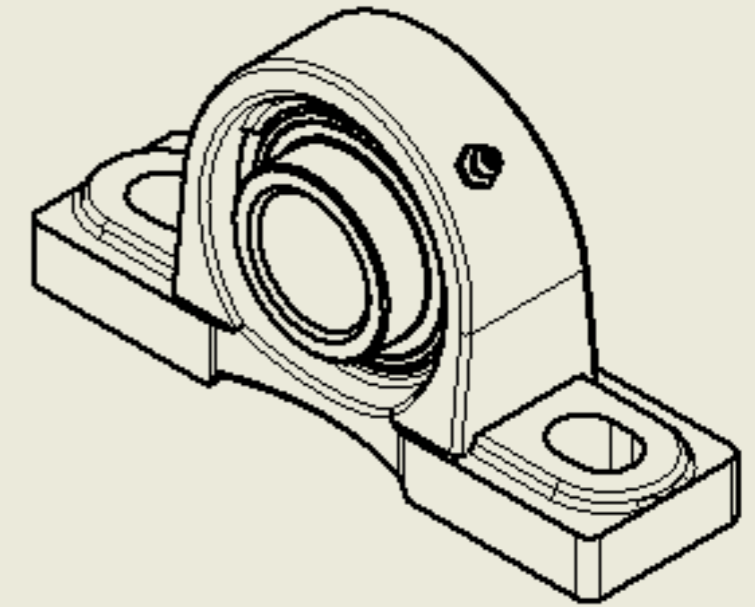


	Skala : 1:4	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :		
	Satuan : mm	Nim : 15525023			
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhiwanto, S.T., M.M.			
Teknik Mesin FTI UII		Poros Engkol Roda Tengah		NO : 06	A3

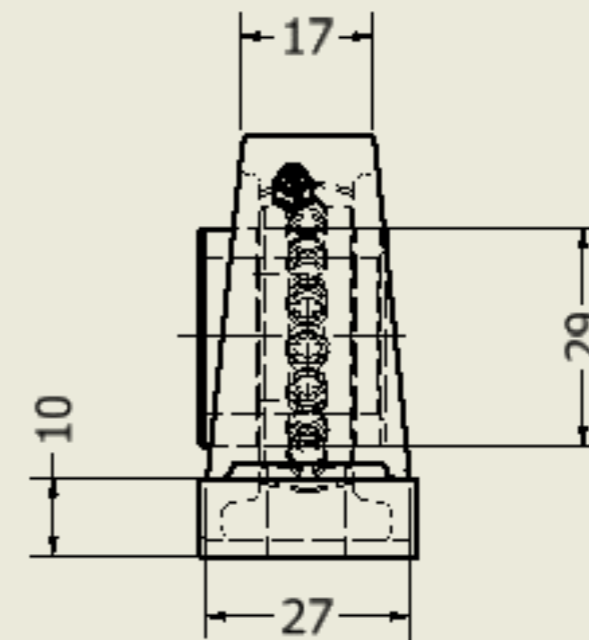
(TAMPAK ATAS)



(TAMPAK ISOMETRIS)



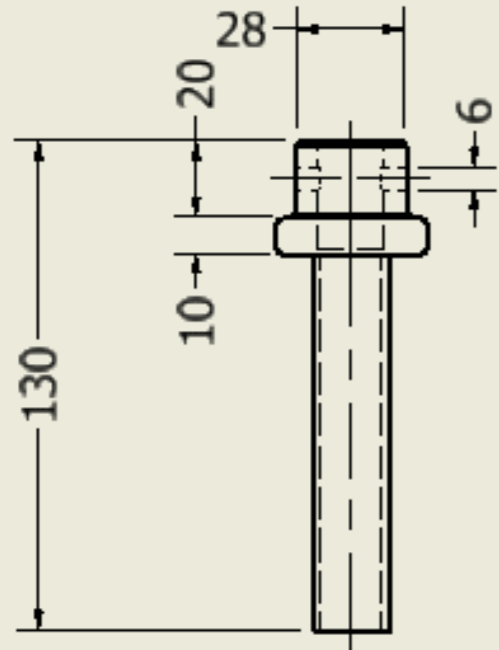
(TAMPAK DEPAN)



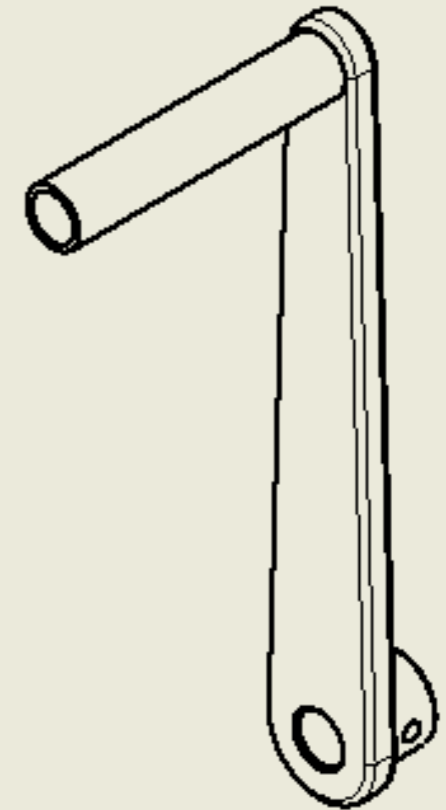
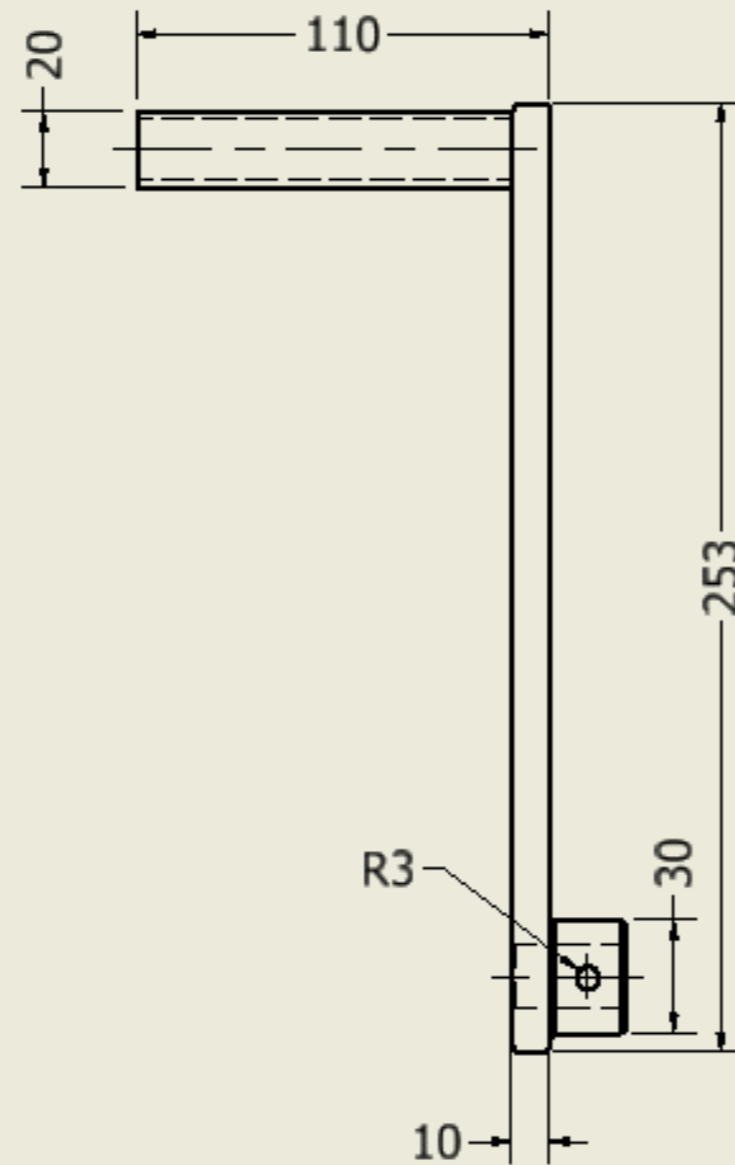
(TAMPAK SAMPING)

	Skala : 1:1	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :		
	Satuan : mm	Nim : 15525023			
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto,S.T.,M.M.			
Teknik Mesin FTI UII		Pillow Block Bearing		NO : 07	A3

(TAMPAK ATAS)

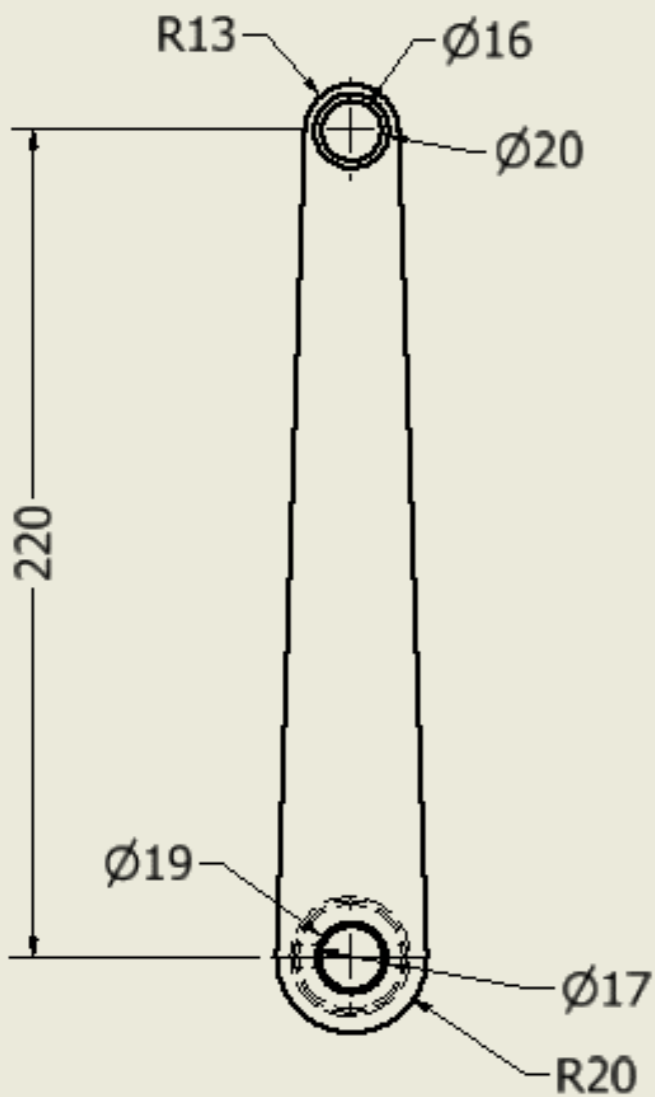


(TAMPAK SAMPING)



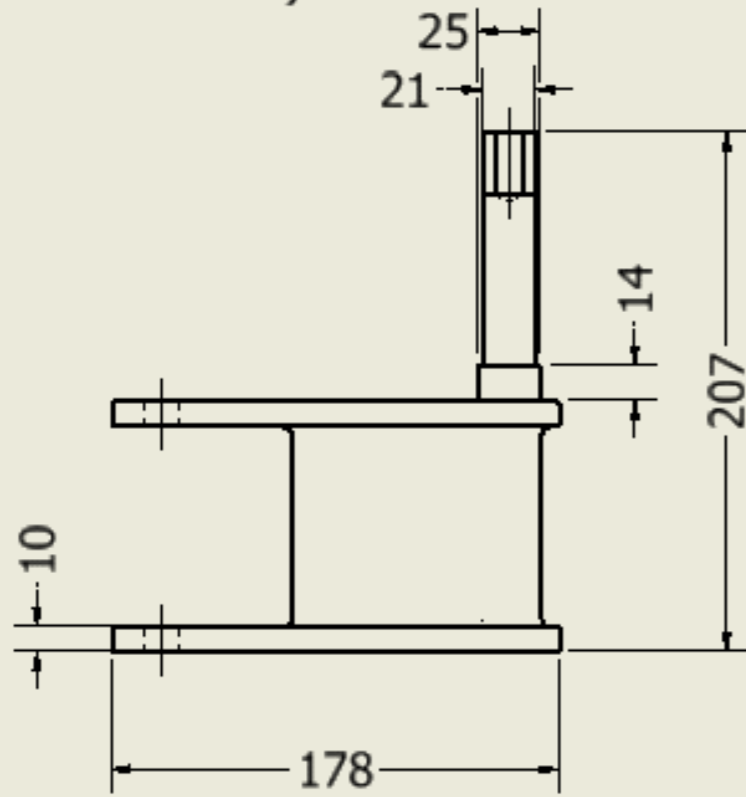
(TAMPAK ISOMETRIS)

(TAMPAK DEPAN)

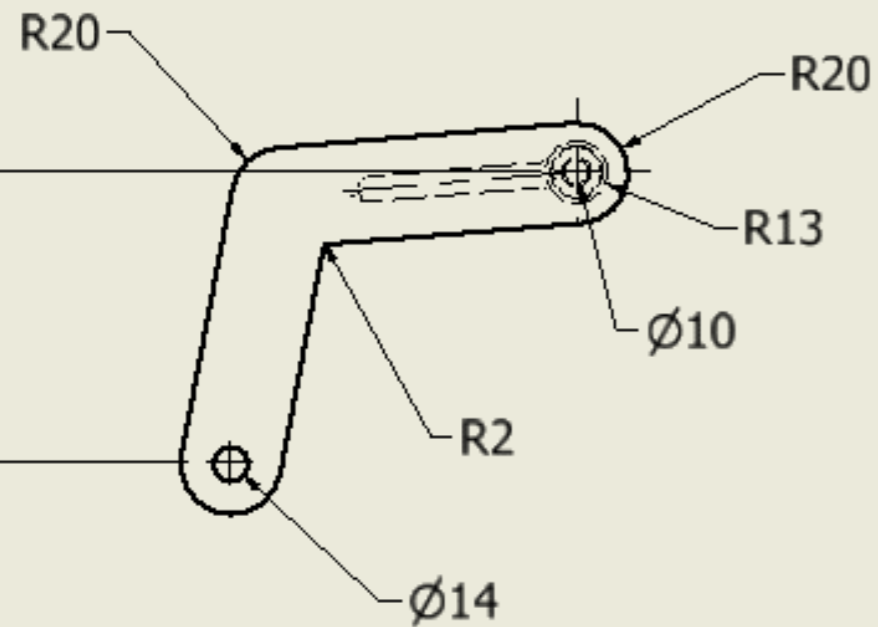
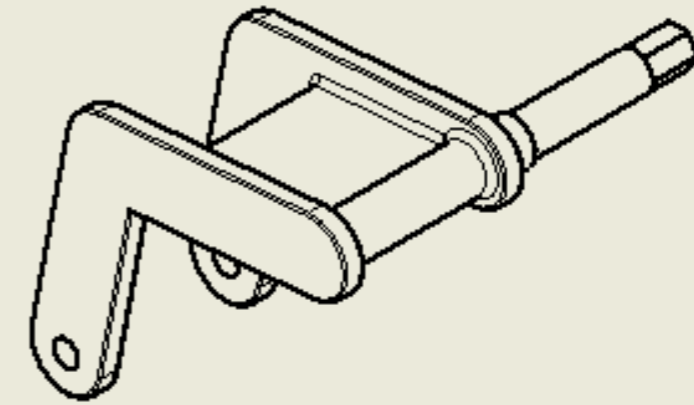


	Skala : 1:2	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.		
Teknik Mesin FTI UII	Tuas Penggerak Kaki-Kaki	NO : 08	A3	

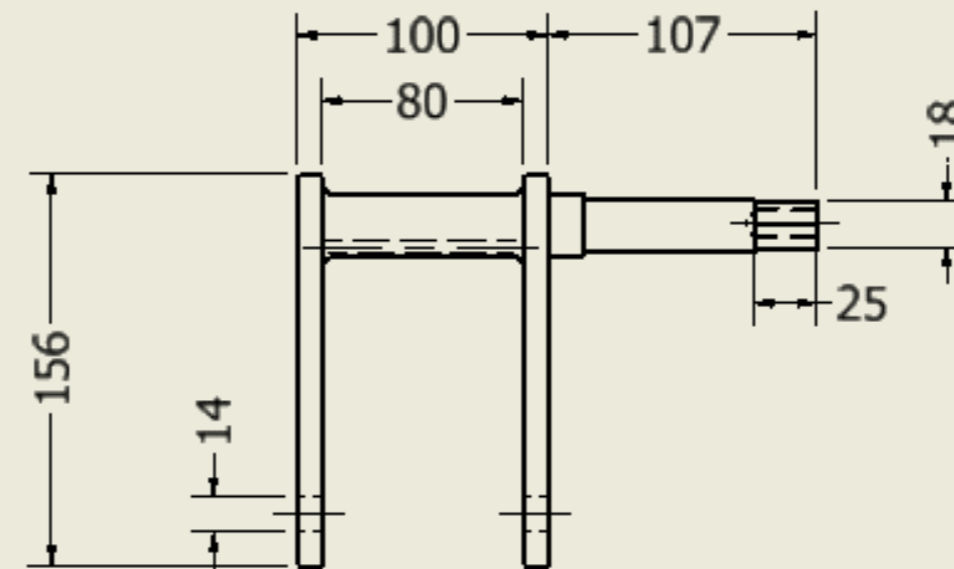
(TAMPAK ATAS)



(TAMPAK ISOMETRIS)



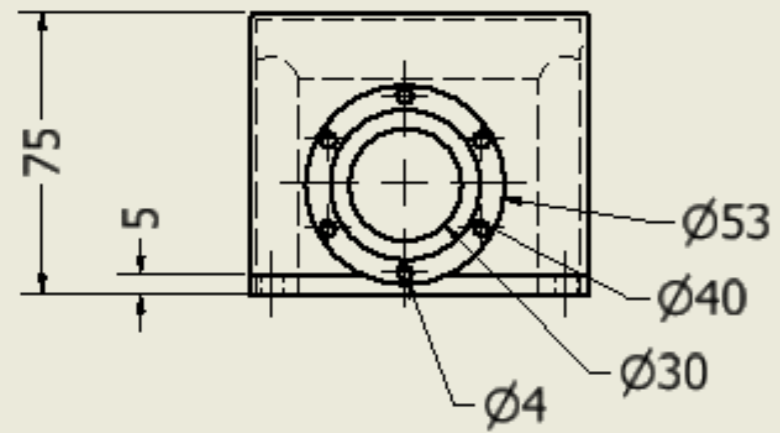
(TAMPAK DEPAN)



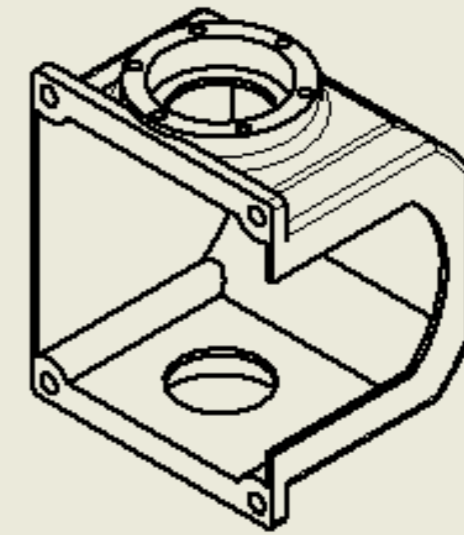
(TAMPAK SAMPING)

	Skala : 1:3	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :		
	Satuan : mm	Nim : 15525023			
	Tanggal : 06-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.			
Teknik Mesin FTI UII		Dudukan Kaki Roda Depan Kanan/Kiri		NO : 09	A3

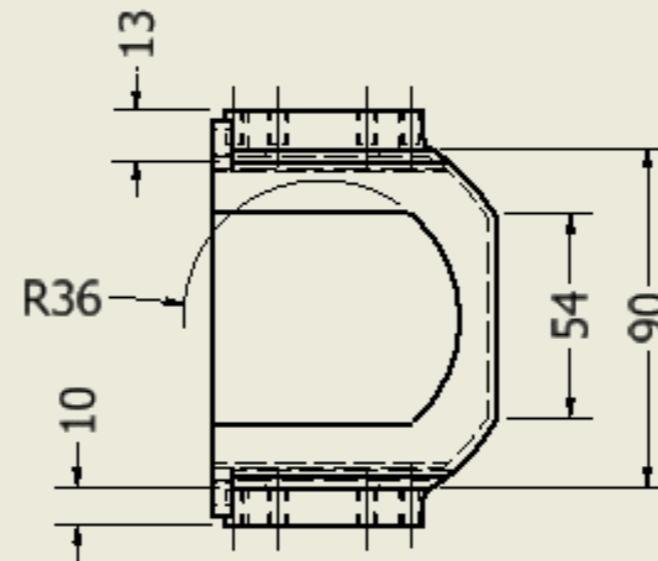
(TAMPAK ATAS)



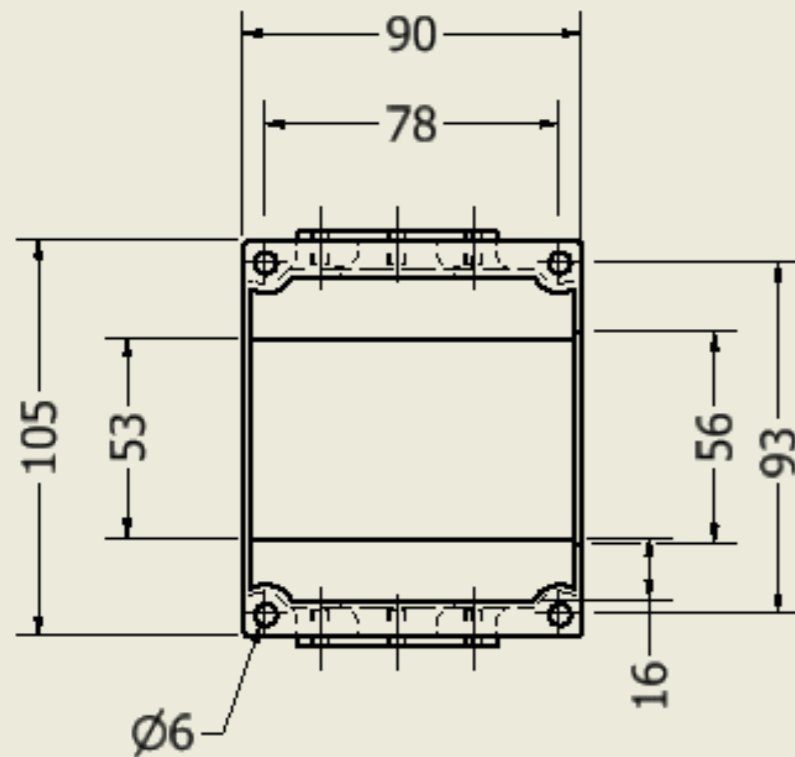
(TAMPAK ISOMETRIS)



(TAMPAK SAMPING)



(TAMPAK DEPAN)

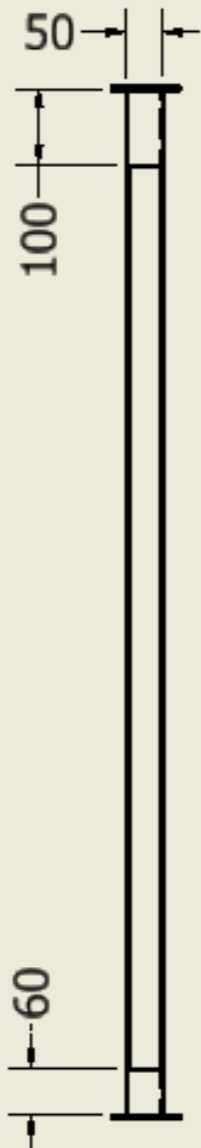


	Skala : 1:2	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adije Dhewanto,S.T.,M.M.	NO : 10	A3
Teknik Mesin FTI UII		Rumah Pengunci Poros Bevel Gear (Gear Box)		

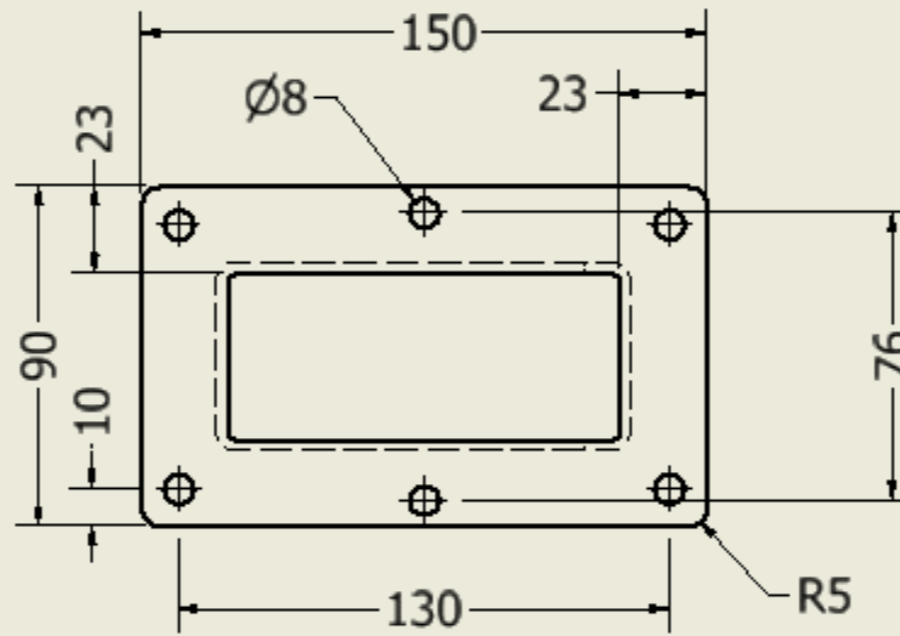
(TAMPAK ATAS)



(TAMPAK DEPAN)

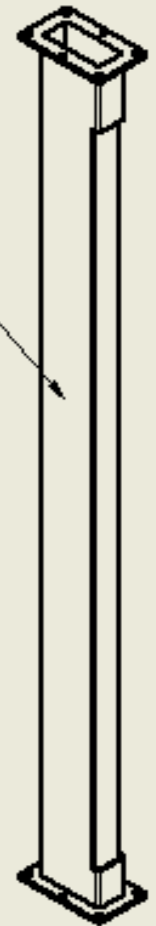


(TAMPAK SAMPING)

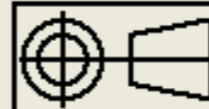


DETAIL G
SCALE 1:2

hollow steel thickness : 5 mm



(TAMPAK ISOMETRIS)



Skala : 1:10
Satuan : mm
Tanggal : 06-01-2022

Digambar : Muhammad Kemal
Nim : 15525023
Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.

Keterangan :

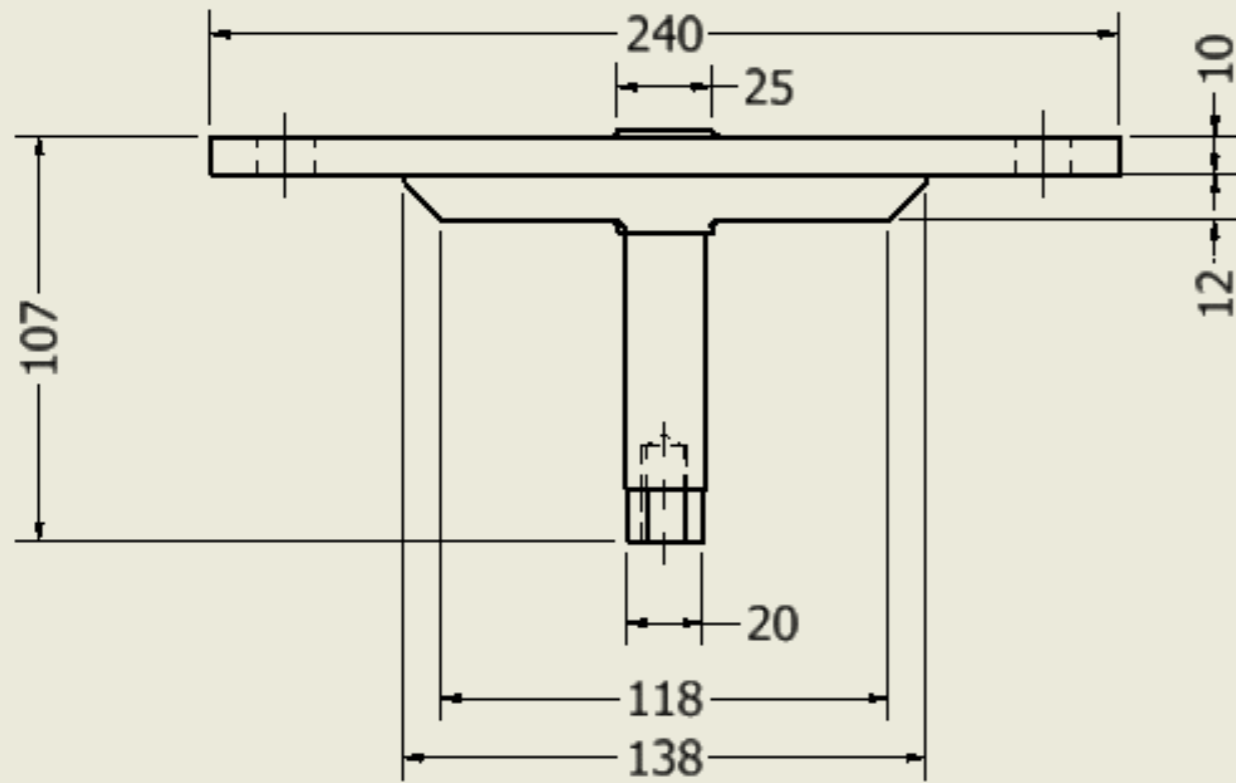
Teknik Mesin FTI UII

Plat Penutup Rack

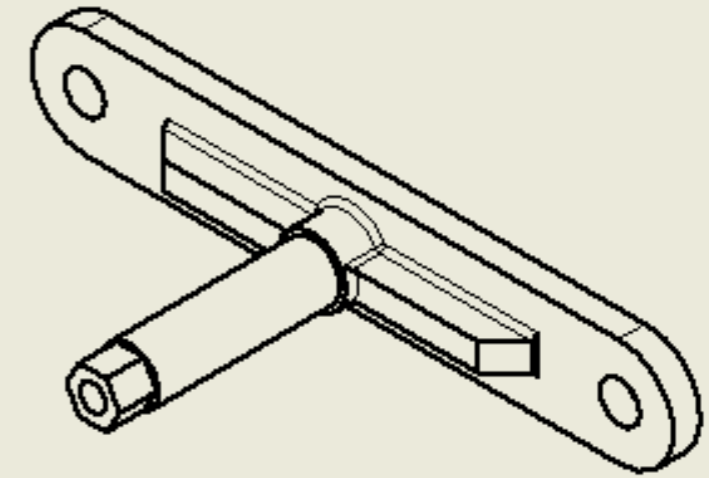
NO : 11

A3

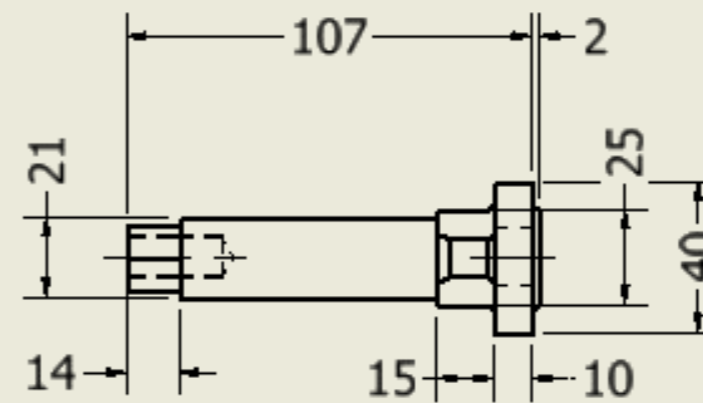
(TAMPAK ATAS)



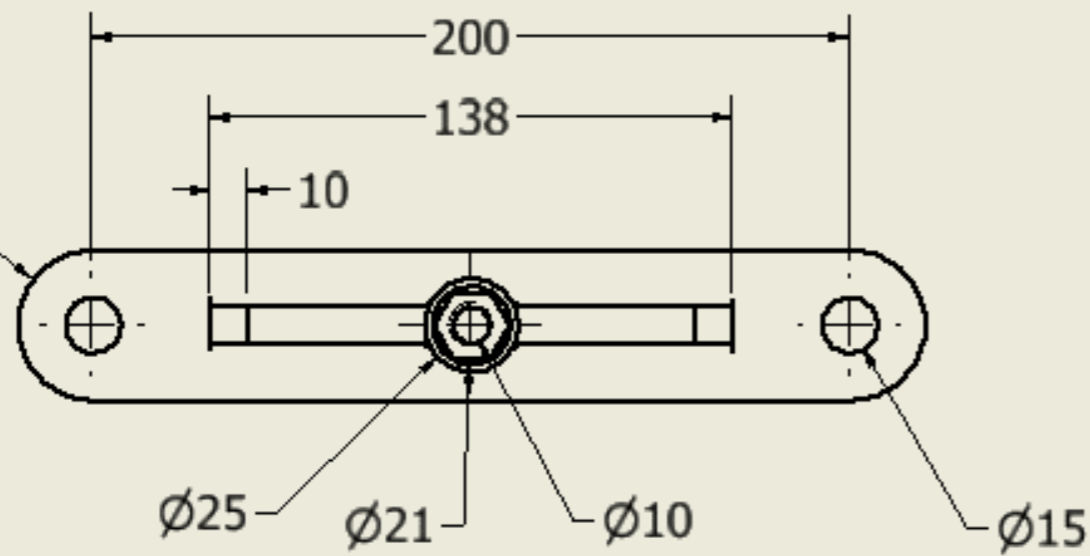
(TAMPAK ISOMETRIS)



(TAMPAK SAMPING)



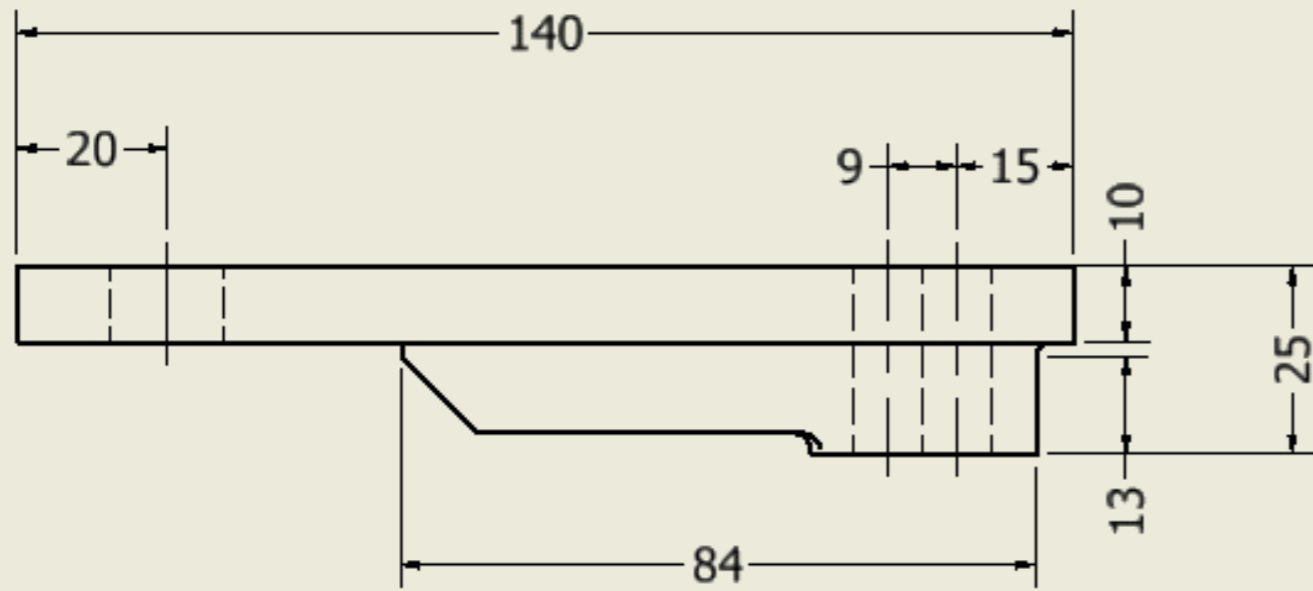
R20



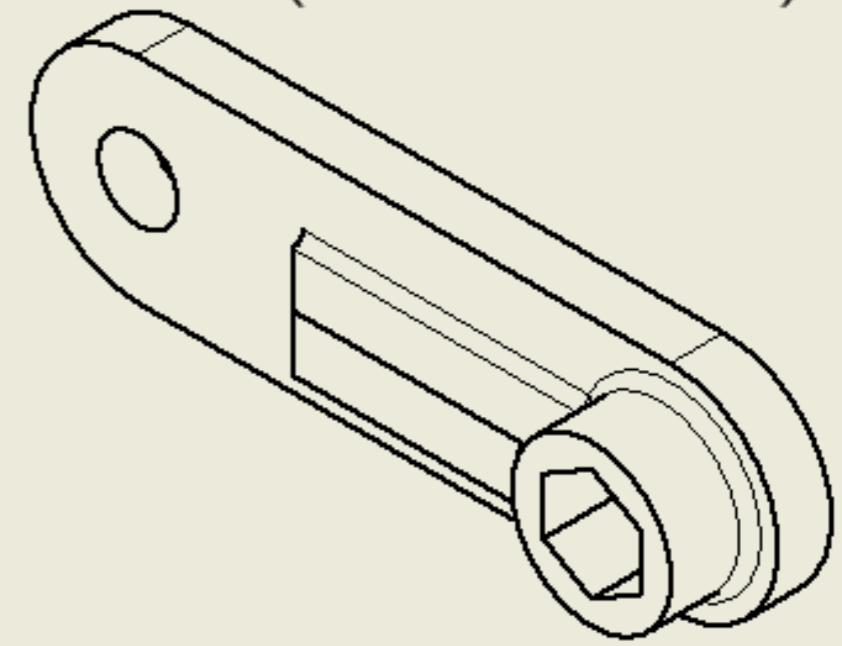
(TAMPAK DEPAN)

	Skala : 1:2	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adije Dhewanto, S.T., M.M.		
Teknik Mesin FTI UII		Penghubung Tuas roda Tengah	NO : 12	A3

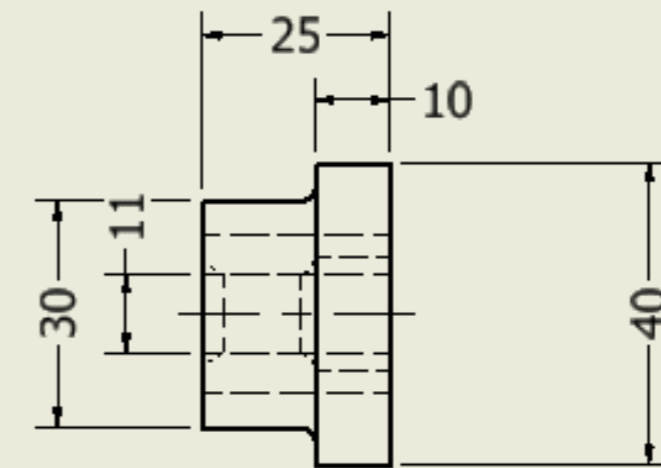
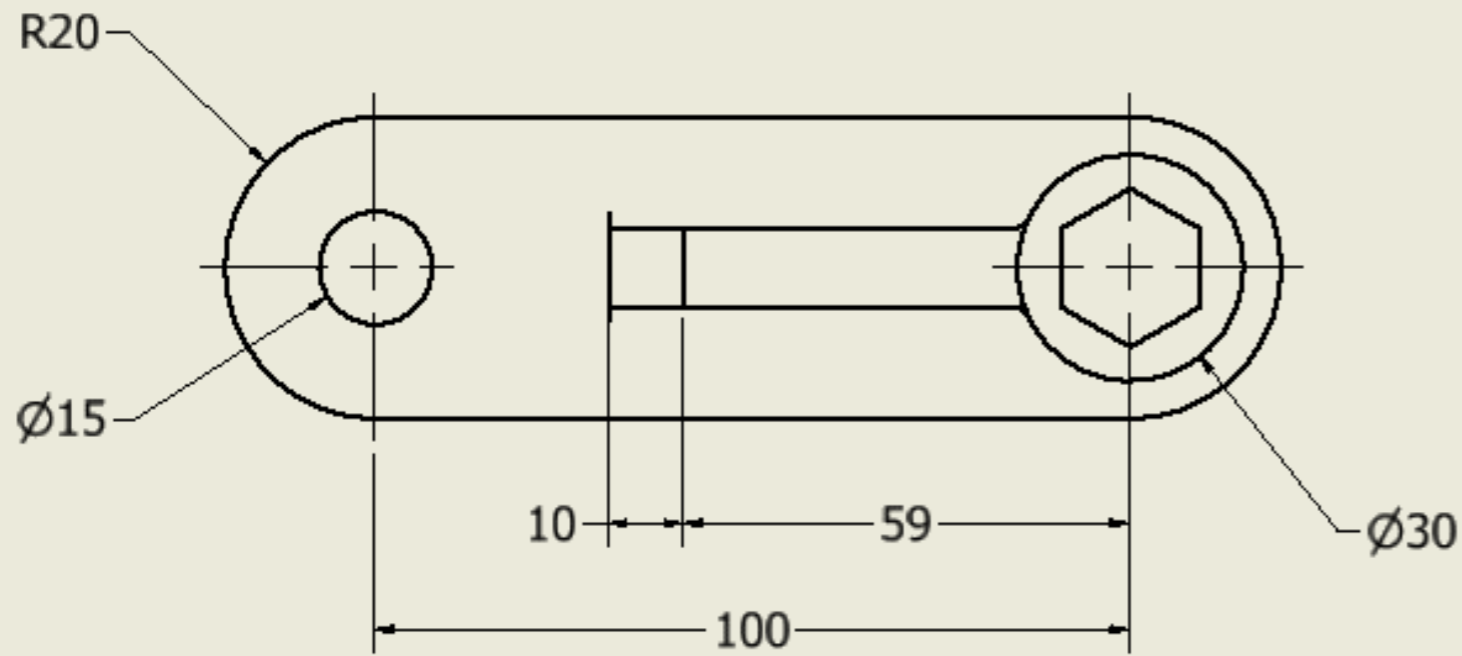
(TAMPAK ATAS)



(TAMPAK ISOMETRIS)

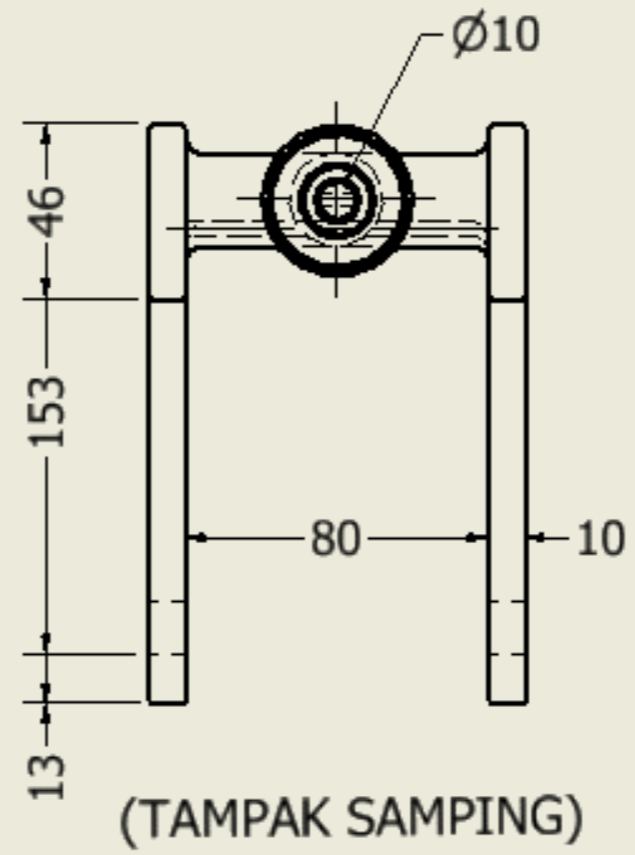
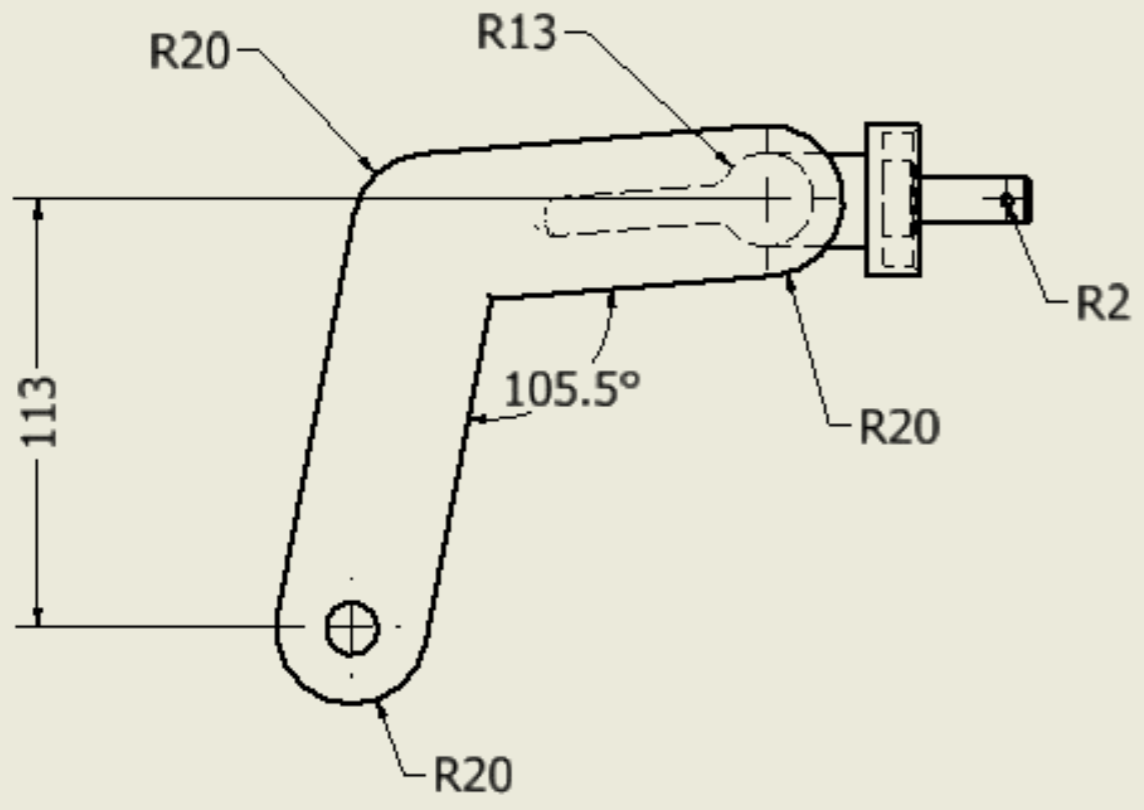
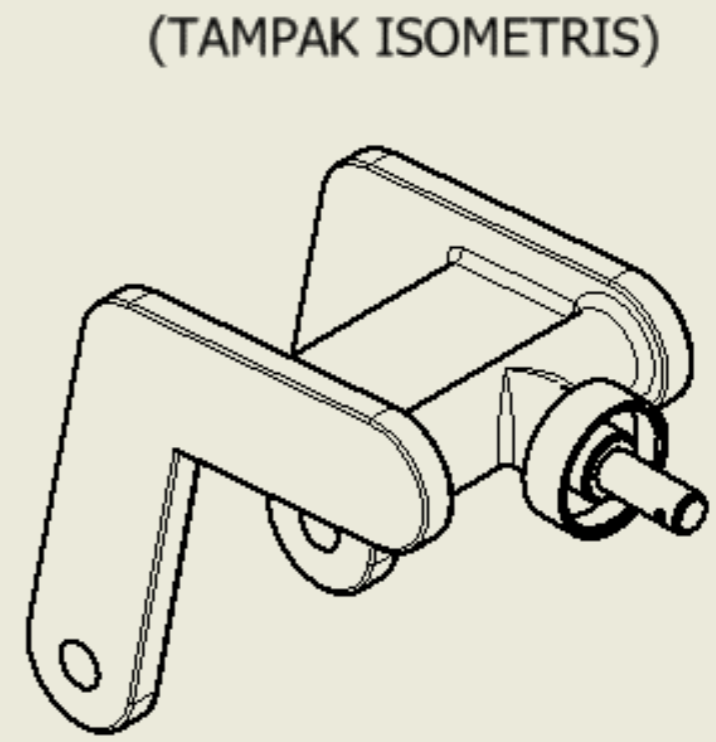
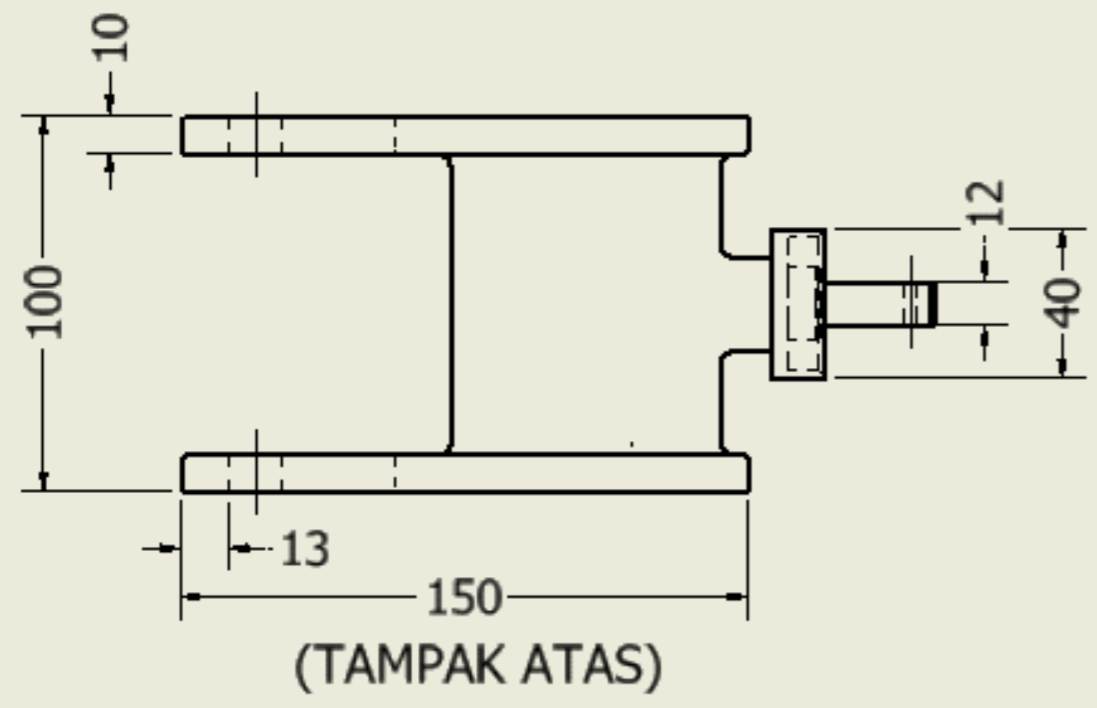


(TAMPAK DEPAN)



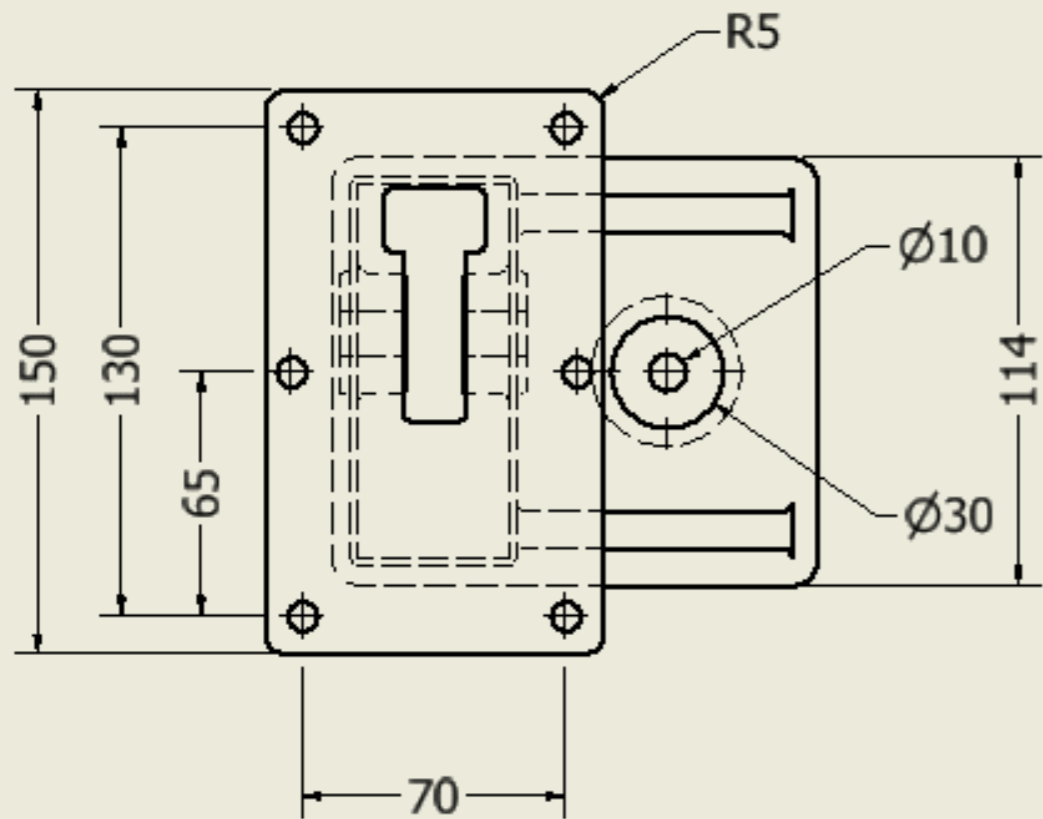
(TAMPAK SAMPING)

	Skala : 1:1	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :		
	Satuan : mm	Nim : 15525023			
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto,S.T.,M.M.			
Teknik Mesin FTI UII		Bracket Tuas Roda Tengah		NO : 13	A3

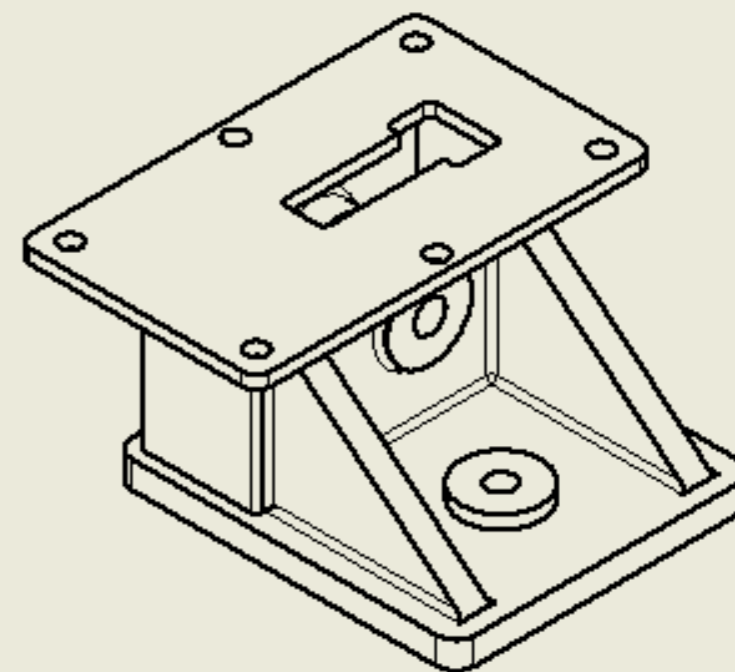


	Skala : 1:2	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adje Dhewanto, S.T., M.M.		
Teknik Mesin FTI UII		Dudukan Roda Belakang Troli	NO : 14	A3

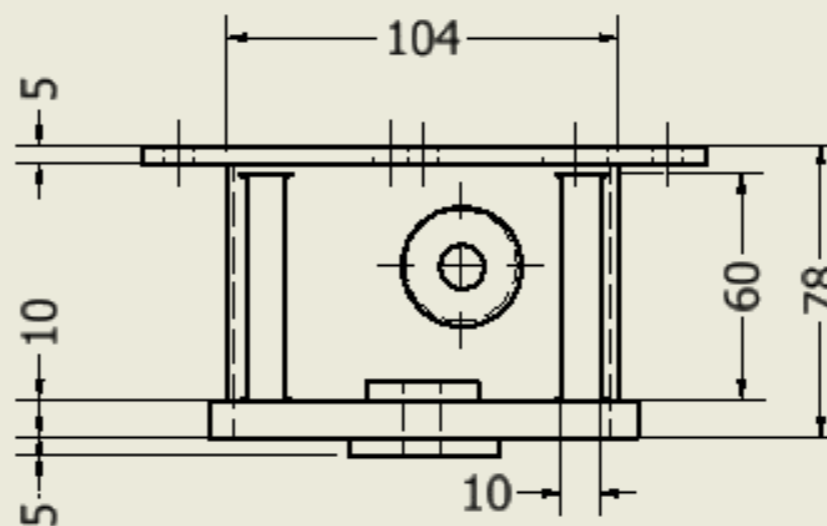
(TAMPAK ATAS)



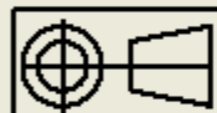
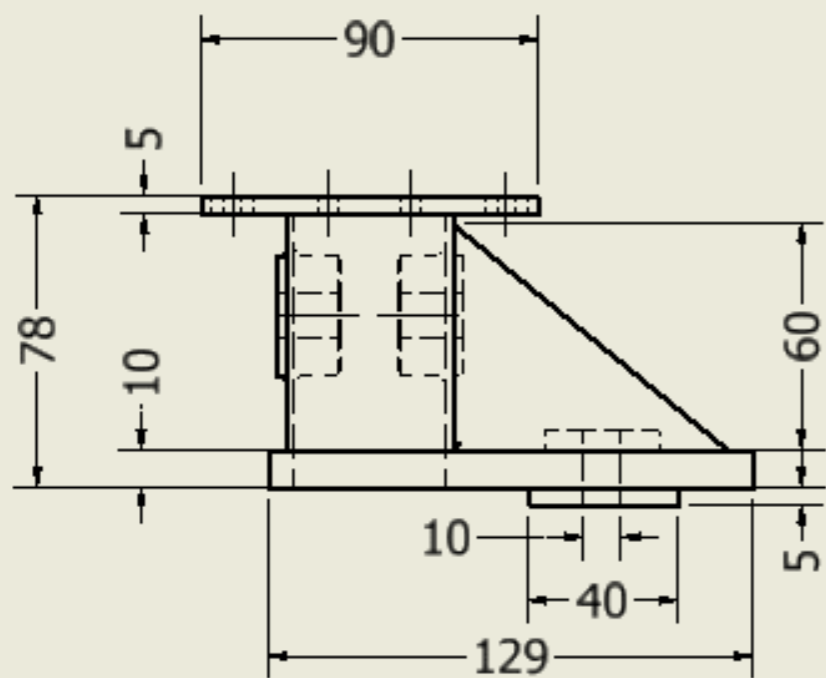
(TAMPAK ISOMETRIS)



(TAMPAK SAMPING)



(TAMPAK DEPAN)



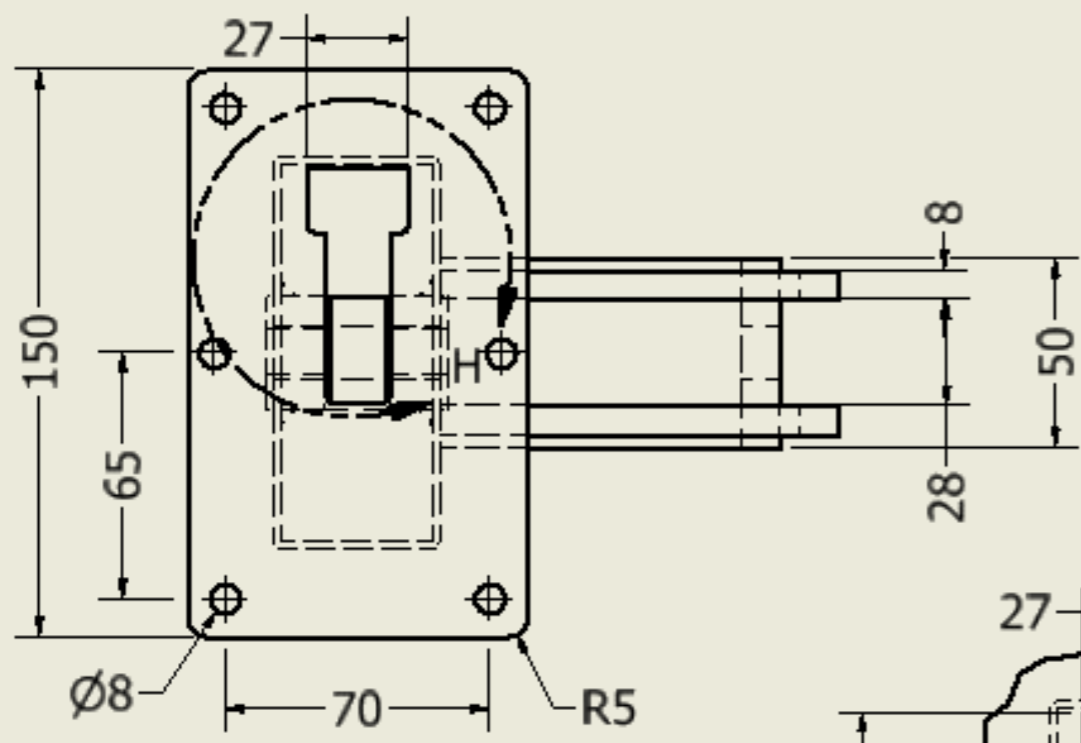
Skala : 1:2	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :
Satuan : mm	Nim : 15525023	
Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.	

Teknik Mesin FTI UII

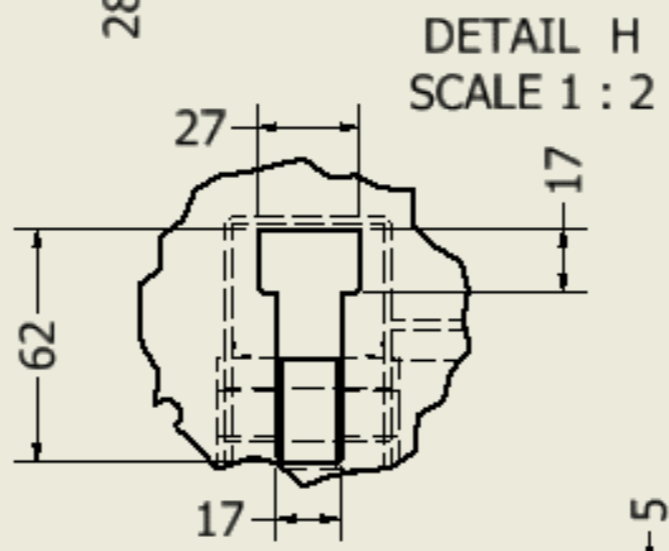
Penghubung Rack & dudukan roda belakang

NO : 15

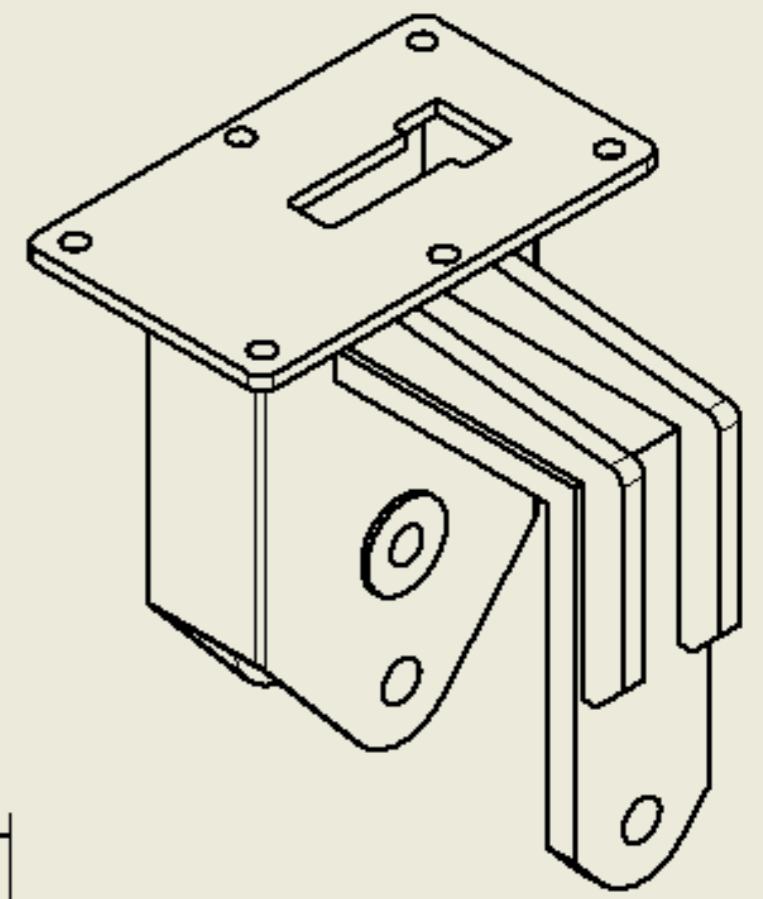
A3



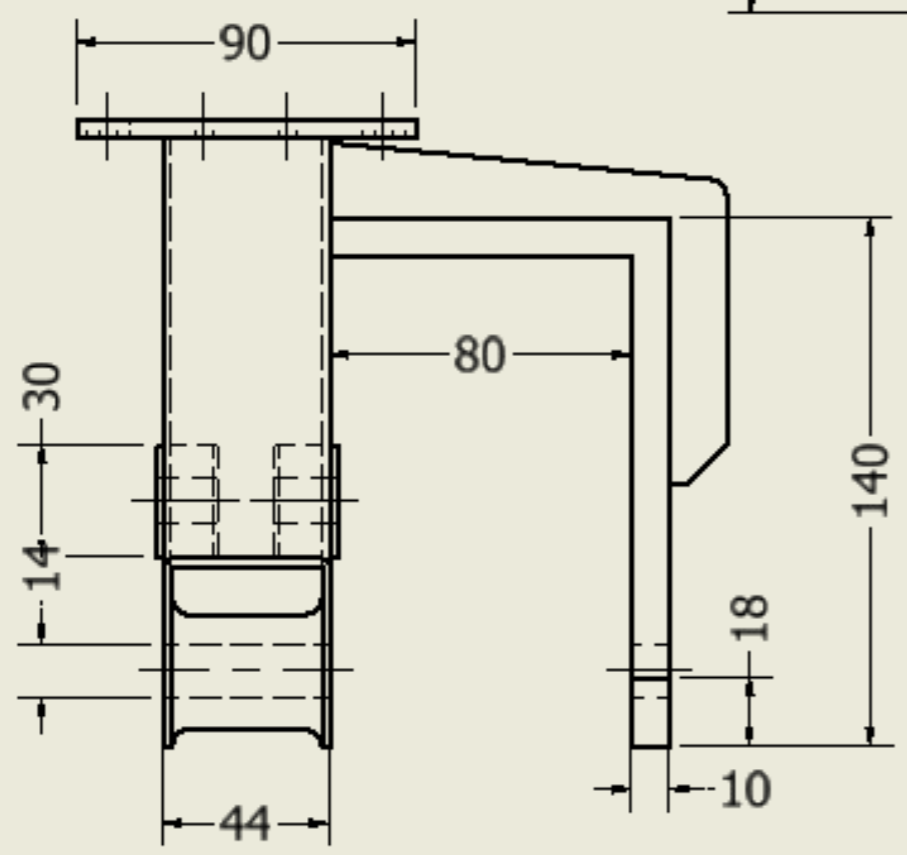
(TAMPAK ATAS)



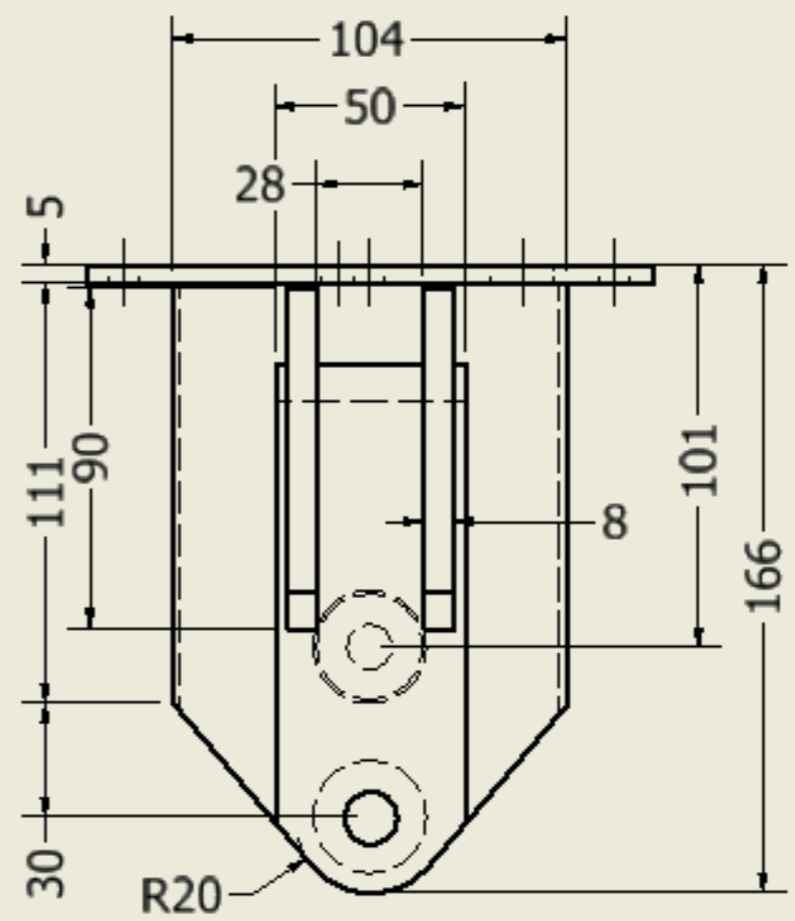
DETAIL H
SCALE 1 : 2



(TAMPAK ISOMETRIS)

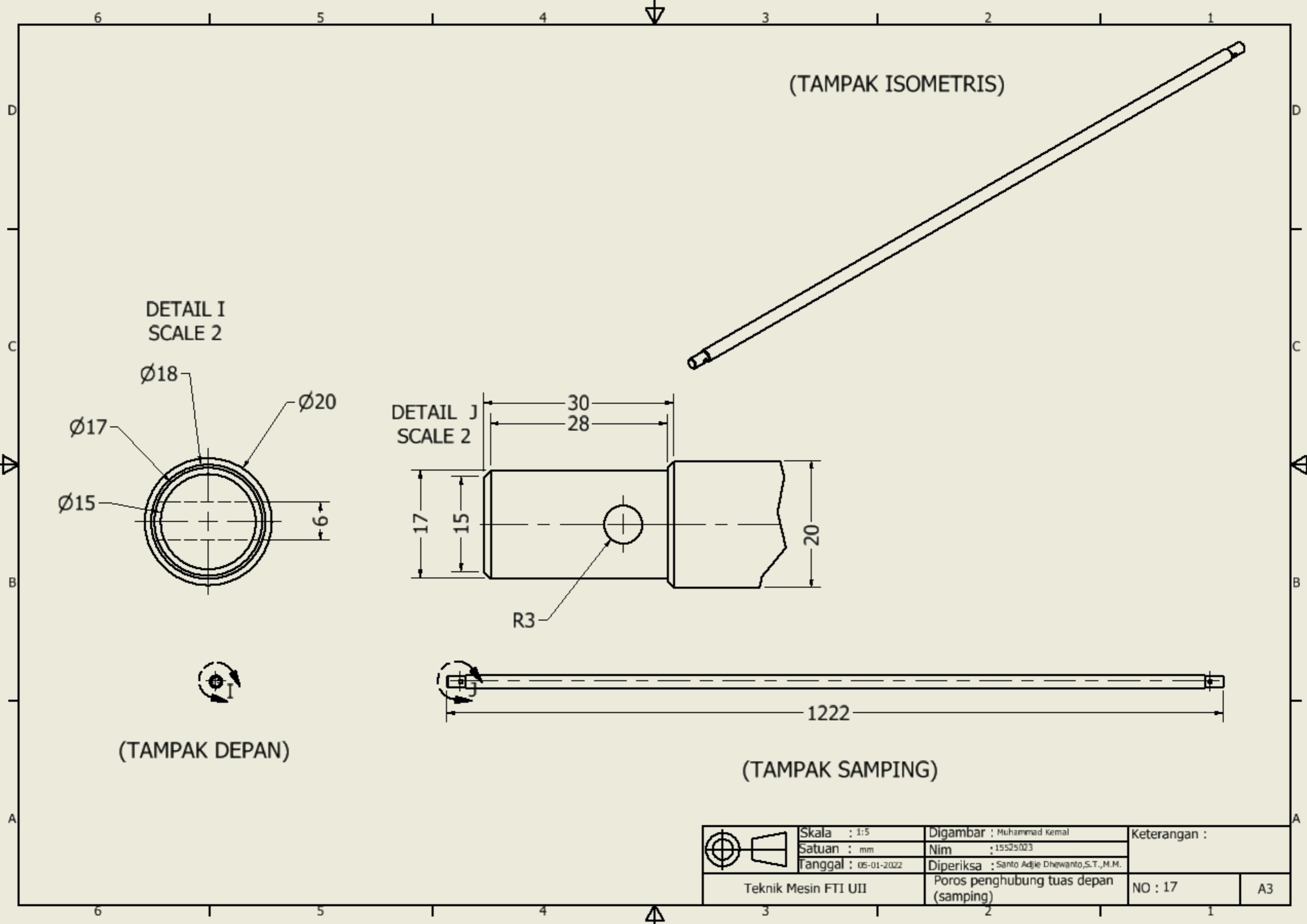


(TAMPAK DEPAN)

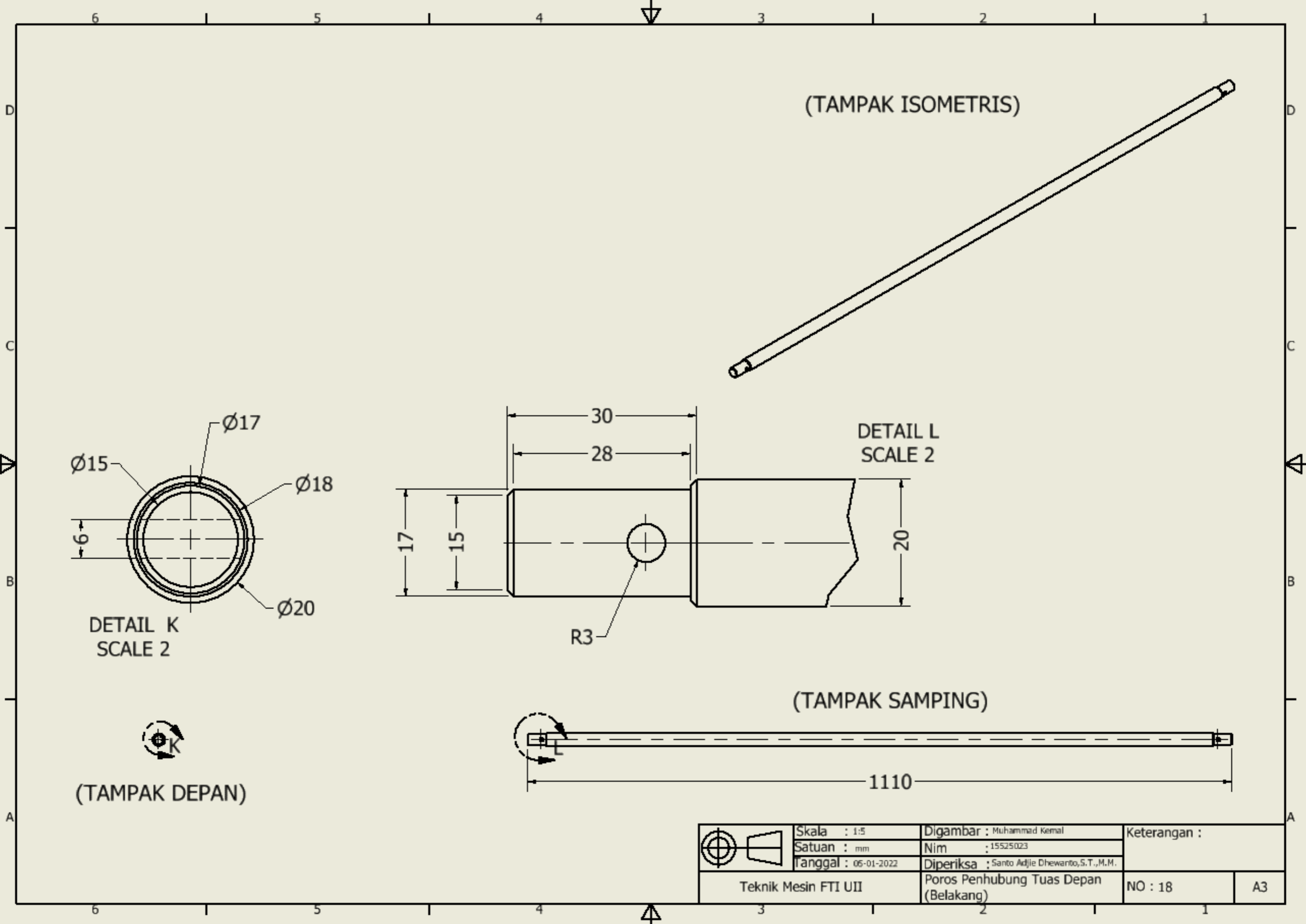


(TAMPAK SAMPING)

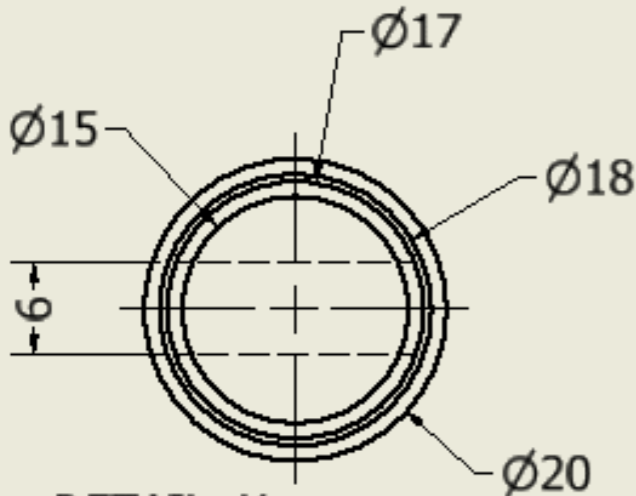
	Skala : 1:2	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.		
Teknik Mesin FTI UII		Penghubung Rack & Roda Depan	NO : 16	A3



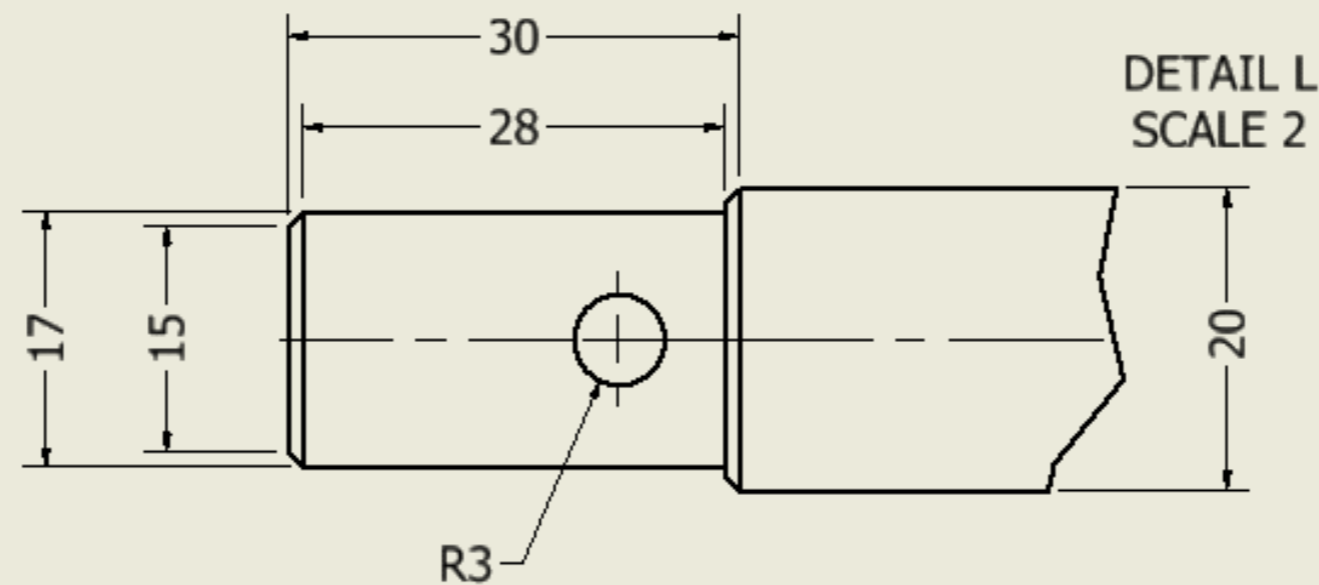
	Skala : 1:5	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhegwantu, S.T., M.M.	NO : 17	A3
Teknik Mesin FTI UII		Poros penghubung tuas depan (samping)		



(TAMPAK ISOMETRIS)

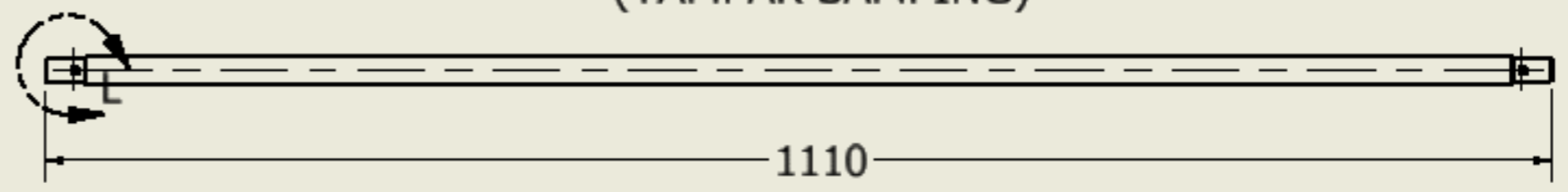


DETAIL K
SCALE 2



DETAIL L
SCALE 2

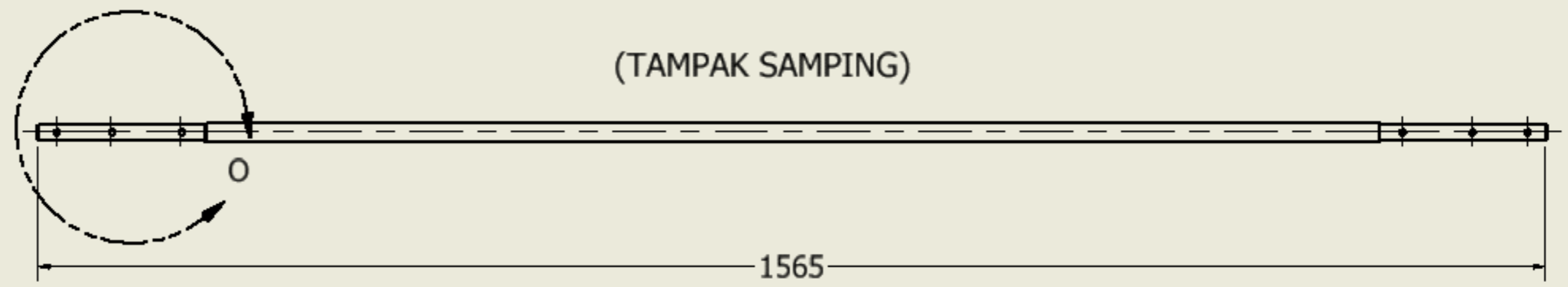
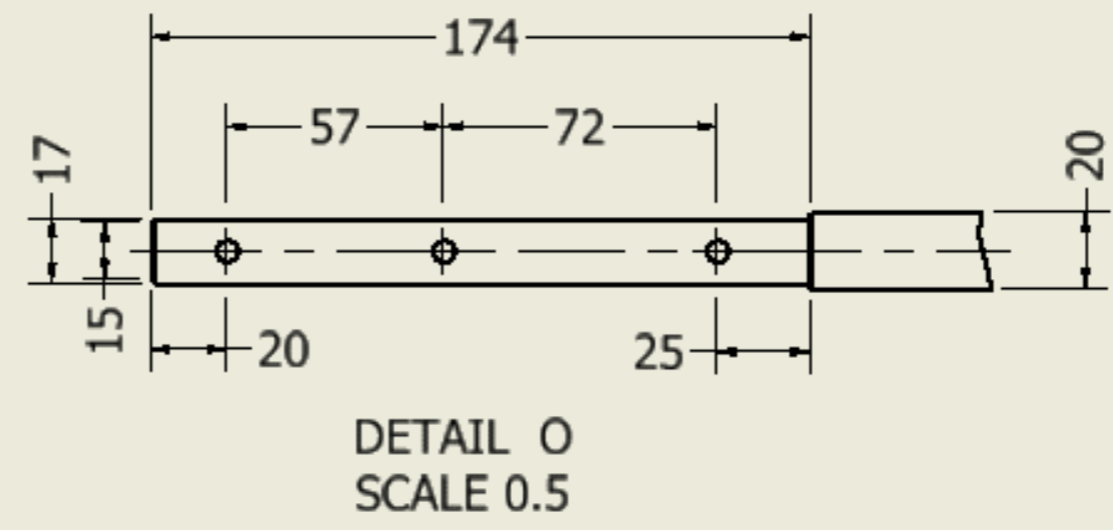
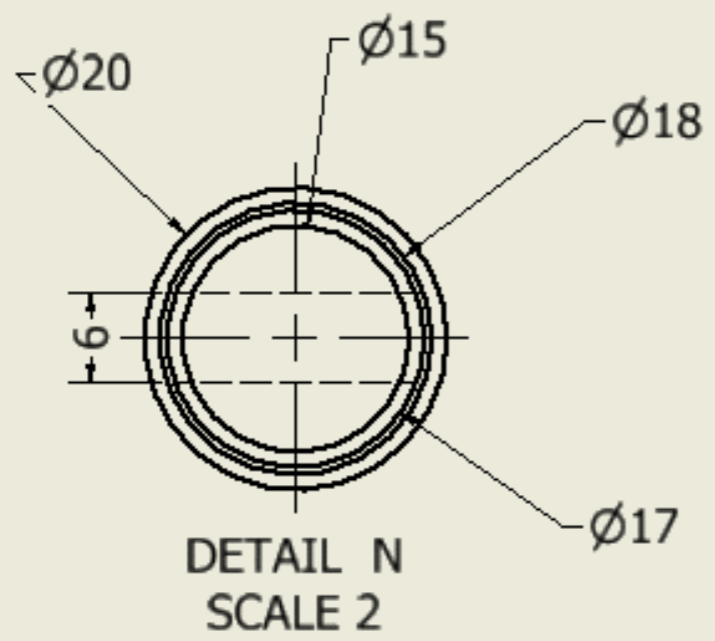
(TAMPAK SAMPING)



(TAMPAK DEPAN)

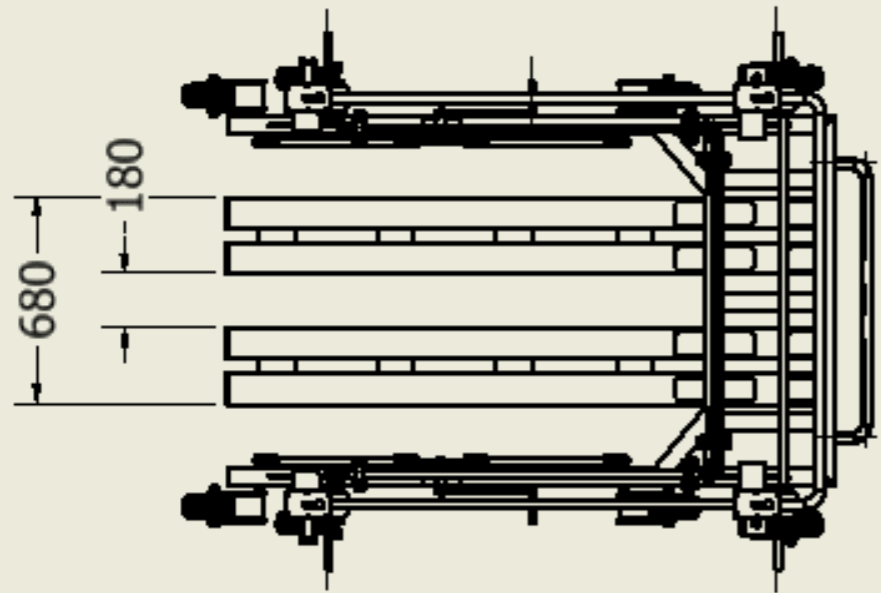


	Skala : 1:5	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :		
	Satuan : mm	Nim : 15525023			
	Tanggal : 06-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.			
Teknik Mesin FTI UII		Poros Penhubung Tuas Depan (Belakang)		NO : 18	A3

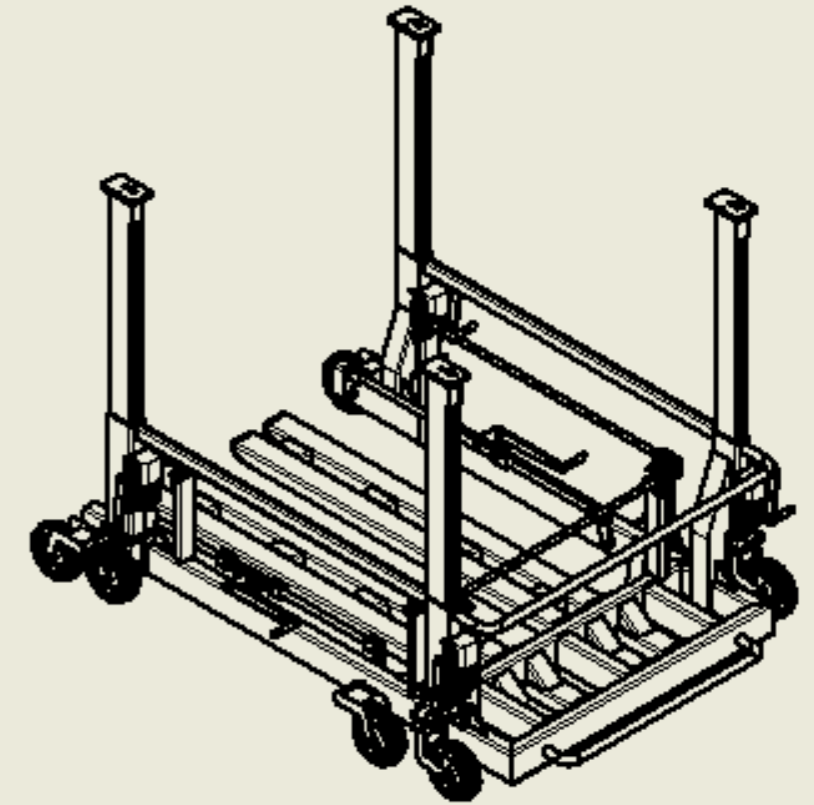


	Skala : 1:5	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15529023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adjie Dhewanto, S.T., M.M.		
Teknik Mesin FTI UII		Poros Penghubung Tuas Belakang	NO : 19	A3

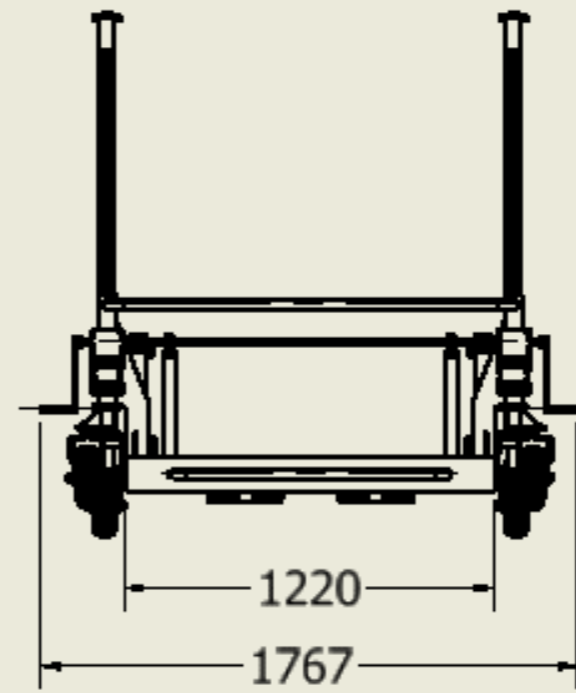
(TAMPAK ATAS)



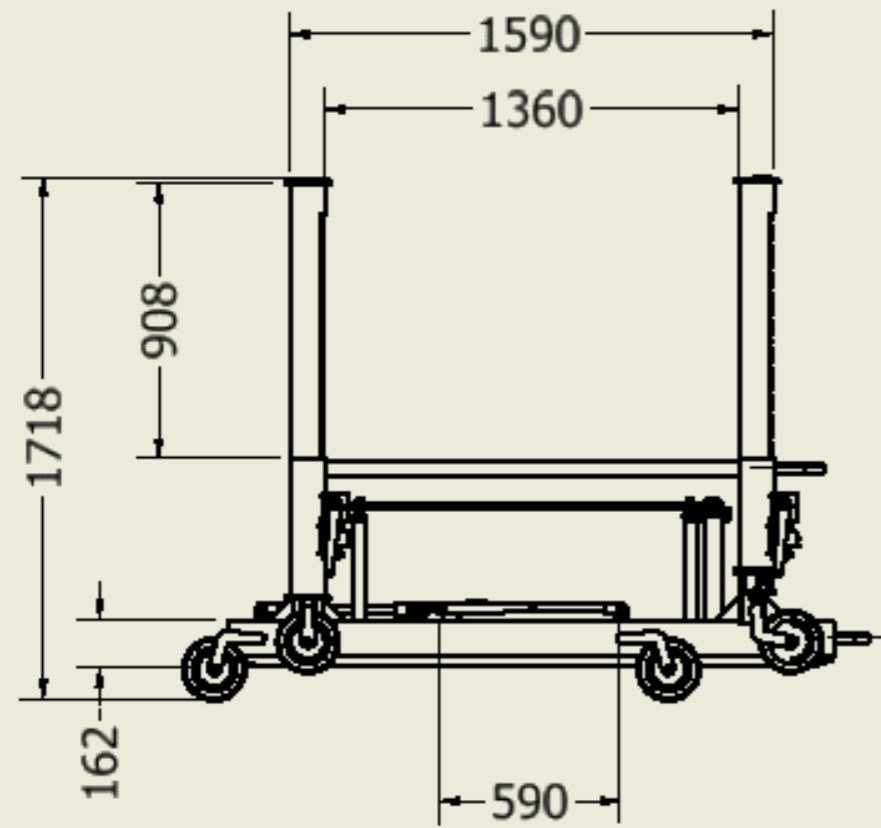
(TAMPAK ISOMETRIS)



(TAMPAK BELAKANG)



(TAMPAK SAMPING)



	Skala : 1:25	Digambar : Muhammad Kemal	Keterangan :	
	Satuan : mm	Nim : 15525023		
	Tanggal : 05-01-2022	Diperiksa : Santo Adji Dhewanto, S.T., M.M.	NO : 20	A3
Teknik Mesin FTI UII		Assembly Trolis Biodigester Portabel		