

**TUGAS AKHIR**  
**PERANCANGAN SISTEM KEMUDI PADA *FORKLIFT***  
**MINI KAPASITAS 200 Kg UNTUK USAHA KECIL**  
**MENENGAH (UKM)**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun oleh:**

**BAYU PRASETYO**  
**1407230180**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA**  
**UTARA**  
**MEDAN**  
**2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : BAYU PRASETYO  
NPM : 1407230180  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Perancangan Sistem Kemudi Pada *Forklift* Mini Kapasitas  
200 Kg Untuk Usaha Kecil Menengah (UKM)  
Bidang ilmu :Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Penguji I



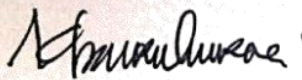
Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T

Penguji II



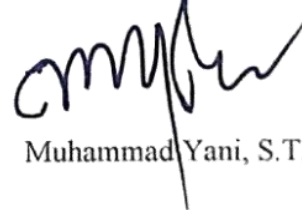
Beki Suroso, S.T.,M.Eng

Penguji III



Khairul Umurani, S.T., M.T

Penguji IV



Muhammad Yani, S.T.,M.T



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bayu Prasetyo  
Tempat /Tanggal Lahir : Medan / 01 Januari 1996  
NPM : 1407230180  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Perancangan Sistem Kemudi Pada *Forklift* Mini Kapasitas 200 Kg Untuk Usaha Kecil Menengah (UKM)”**,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Maret 2019

Saya yang menyatakan,

  
  
Bayu Prasetyo

## ABSTRAK

Pada perkembangan teknologi di dunia *modern* ini, banyak sekali dibutuhkan *forklift* untuk pengoperasian pemindahan barang, terutama untuk usaha kecil menengah (UKM). Maka dari itu *forklift* memerlukan komponen pendukung. Salah satu komponen yang penting adalah sistem kemudi. Sistem kemudi berfungsi agar arah kendaraan dapat diubah-ubah. Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk merancang sistem kemudi, dan mengetahui momen putar pada sistem kemudi *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM). Sistem kemudi yg akan dirancang ini adalah sistem kemudi sederhana dengan menggunakan *rack and pinion*. Bagian –bagian kemudi yang akan dirancang pada *forklift* mini yaitu, roda kemudi, poros kemudi, *universal joint*, *rack and pinion*, *kunkle arm*, dan *tie rod*, yang dirancang menggunakan *software solidwork 2014*. Hasil pengujian momen putar kemudi, pada beban 350 kg momen putar kemudi 20,24 N/m, pada beban 400 kg momen putar kemudi 23,14N/m, pada beban 450 kg momen putar kemudi 26 N/m, pada beban 500 kg momen putar kemudi 29 N/m, pada beban 550 kg momen putar kemudi 31,8 N/m, momen pada kemudi lebih berat untuk diputar setirnya. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh beban yang berat pada kemudi karena adanya tambahan beban sehingga membuat momen pada kemudi semakin bertambah.

***Kata Kunci*** : *forklift, sistem kemudi, momen putar*

## **ABSTRACT**

*In the development of technology in the modern world, many forklifts are needed for the purpose of moving goods, especially for small businesses (UKM). Therefore forklifts need supporting components. One important component is the steering system. The steering system is repaired so that the direction of the vehicle can be changed. The author of this final project aims to discuss the steering system, and find out the turning moment in a 200 kg miniature forklift steering system for small businesses (UKM). The steering system to be designed is a steering system that uses a rack and pinion. The steering parts designed in mini forklifts are, steering wheel, steering shaft, universal joint, rack and pinion, kunkle arm, and tie rod, which are designed using solidwork 2014 software. Search results turn the steering wheel, at 350 kg moment load turn the steering wheel 20.24 N / m, at a load of 400 kg steering turn moment 23.14N / m, at a load of 450 kg steering turn moment 26 N / m, at a load of 500 kg steering turn 29 N / m, at a load of 550 kg the turning moment of the steering wheel is 31.8 N / m, the moment at the steering wheel is heavier to turn the steering wheel. This happens because of the effect of heavy loads on the steering wheel because there is an additional burden so that the moment at the steering wheel increases.*

**Keywords:** forklift, steering system, turning moment.

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu wata'ala yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Sistem Kemudi Pada *Forklift* Mini Kapasitas 200 Kg Untuk Usaha Kecil Menengah (UKM)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Muhammad Yani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST., MT selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Bekti Suroso, ST., M.Eng selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Affandi, S.T., M.T sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Warsono dan Sri Astuti, yang selalu memberikan semangat dan tidak lupa berhenti untuk selalu berdoa kepada penulis.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Ahmad Rifai, Yudistira Suganda, M.Rizky Riadi, Afri Yuda, Eko Saigabe yang selalu memberikan masukan serta kerja sama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Mesin.

Medan, 15 Maret 2019

Bayu Prasetyo

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEAHSILIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.4.1 Tujuan Umum	2
1.4.2 Tujuan Khusus	3
1.5 Manfaat	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1 Sejarah <i>Forklift</i>	4
2.2 Bagian - Bagian <i>Forklift</i>	6
2.3 Jenis - Jenis <i>Forklift</i>	7
2.4 Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan	9
2.5 Bagian Terpenting <i>Forklift</i> Mini	11
2.6 <i>Software Solidworks</i>	24
2.7 Perawatan Sistem Kemudi	24
<b>BAB 3 METODEOLOGI PENELITIAN</b>	<b>26</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.1.1 Tempat Penelitian	26
3.1.2 Waktu Penelitian	26
3.2 Diagram Air Penelitian	27
3.3 Alat Perancangan	28
3.3.1 Laptop	28
3.3.2 <i>Software Solidworks</i>	28
3.4 Tahap Awal Pengerjaan	28
3.4.1 Membuka Aplikasi <i>Solidworks</i>	28
3.4.2 Menganalisa momen putar	29
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>30</b>
4.1 Hasil desain sistem kemudi <i>forklift</i> mini	30
4.2 Analisa momen putar pada kemudi	47
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>55</b>



5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55

<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>56</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1 <i>Mechanical properties of steels used for shafts</i>	14
2. Tabel 2.2 Bahan untuk kontruksi roda gigi	22
3. Tabel 2.3 Faktor dinamis (fv)	23
4. Tabel 3.1 Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian	26
5. Tabel 4.2 Hasil perhitungan momen putar kemudi <i>forklift</i> mini	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis <i>Forklift</i> Sumber Sumber Energi Listrik	6
Gambar 2.2 <i>Forklift diesel</i>	7
Gambar 2.3 <i>Forklift</i> elektrik	8
Gambar 2.4 Poros	11
Gambar 2.5 Poros Transmisi	12
Gambar 2.6 Spindel	12
Gambar 2.7 Gandar	13
Gambar 2.8 <i>Steering Column</i>	15
Gambar 2.9 <i>Steering Gear</i>	16
Gambar 2.10 <i>Steering Linkage</i> untuk <i>Suspensi Rigid</i>	16
Gambar 2.11 <i>Steering Linkade</i> untuk <i>Suspensi Independent</i>	17
Gambar 2.12 <i>Recilculating-ball</i>	18
Gambar 2.13 <i>Rack and Pinion</i>	19
Gambar 2.14 Sistem Kemudi <i>Power Steering</i>	19
Gambar 2.15 Bagian-bagian Roda Gigi	20
Gambar 2.16 Mur dan Baut	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 3.2 Laptop	28
Gambar 4.1 Roda kemudi 30 %	30
Gambar 4.2 Roda kemudi 60 %	31
Gambar 4.3 Roda kemudi 100 %	31
Gambar 4.4 Poros kemudi 50 %	32
Gambar 4.5 Poros kemudi 100 %	32
Gambar 4.6 <i>Universal joint/spider</i> 30 %	33
Gambar 4.7 <i>Universal joint/spider</i> 60 %	33
Gambar 4.8 <i>Universal joint/spider</i> 100 %	34
Gambar 4.9 Garpu penghubung/ <i>yoke</i> 30%	34
Gambar 4.10 Garpu penghubung/ <i>yoke</i> 60%	35
Gambar 4.11 Garpu penghubung/ <i>yoke</i> 100%	35
Gambar 4.12 <i>Casing streering rack pinion</i> 30%	36
Gambar 4.13 <i>Casing streering rack pinion</i> 60%	36
Gambar 4.14 <i>Casing streering rack pinion</i> 100%	37
Gambar 4.15 <i>Rack</i> 30%	37
Gambar 4.16 <i>Rack</i> 60%	38
Gambar 4.17 <i>Rack</i> 100%	38
Gambar 4.18 <i>Pinion</i> 30%	39
Gambar 4.19 <i>Pinion</i> 60%	39
Gambar 4.20 <i>Pinion</i> 100%	40
Gambar 4.21 Tutup <i>pinion</i> 30%	40
Gambar 4.22 Tutup <i>pinion</i> 60%	41
Gambar 4.23 Tutup <i>pinion</i> 100%	41
Gambar 4.24 <i>Tie rod</i> 30%	42
Gambar 4.25 <i>Tie rod</i> 60%	42
Gambar 4.26 <i>Tie rod</i> 100%	43

Gambar 4.27 Penghubung <i>kunkle arm</i> 30%	43
Gambar 4.28 Penghubung <i>kunkle arm</i> 60%	44
Gambar 4.29 Penghubung <i>kunkle arm</i> 100%	44
Gambar 4.30 <i>Kunkle arm</i> 30%	45
Gambar 4.31 <i>Kunkle arm</i> 60%	45
Gambar 4.32 <i>Kunkle arm</i> 100%	46
Gambar 4.33 <i>Desain System</i> Kemudi <i>Forklift</i> Mini	46
Gambar 4.34 <i>Desain System</i> Kemudi <i>Forklift</i> Mini yang sudah dibangun	47
Gambar 4.35 Lengan gaya	47
Gambar 4.36 Sudut antara lengan gaya	48
Gambar 4.37 Kecepatan <i>forklift</i>	48
Gambar 4.38 Berat keseluruhan <i>forklift</i>	49
Gambar 4.39 Berat <i>draiver</i>	49
Gambar 4.40 Grafik Momen Putar kemudi <i>Forklift</i> Mini	54

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
M	Momen puntir atau torsi	N.mm
D	Diameter poros	mm
T	Tegangan geser yang diijinkan	N/mm <sup>2</sup>
Kt	Faktor koreksi momen punter	-
Cb	Beban lenturan	-
T	Momen puntir	N.mm
M	Momen bengkok	N.mm
D	Diameter poros	mm
$\sigma_b$	Tegangan bengkok	N/mm
d	Diameter posor	mm
$\tau$	Tegangan puntir	N/mm
$\sigma_k$	Tegangan kombinasi	N/mm
F	Gaya maksimum yang terjadi	N
A	Luas penampang baut	mm <sup>2</sup>
D	Diameter baut	mm
l	Panjang baut	mm
Z	Jumlah gigi pada roda gigi	buah
M	Modul gigi	Mm
Dk	Diameter lingkaran kepala	Mm
Dg	Diameter lingkaran kaki	Mm
$\alpha$	Sudut tekan	Derajat
V	Kecapatan keliling untuk tiap roda gigi	m/s
D	Diameter jarak bagi untuk tiap roda gigi	Mm
n	Putaran poros	Rpm
Ft	Gaya tangensial	Kg
Pd	daya rencana	kW
Fb	Beban lentur	kg/mm
$\sigma_a$	Tegangan lentur yang diizinkan	kg/mm <sup>2</sup>
Y	Faktor bentuk gigi	-
Fv	Faktor dinamis	-
B	Lebar gigi	Mm

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

*Forklift* sekarang ini banyak dibutuhkan untuk pengoperasian pemindahan barang di gudang. Setiap perusahaan besar seperti perusahaan manufaktur hampir secara keseluruhan memiliki *forklift*. Hampir setiap gudang setidaknya punya satu *forklift*. Namun pada saat ini perkembangan teknologi jelas terlihat pada bidang usaha kecil menengah, seperti dibidang otomotif. Saat ini harga *forklift* terbilang sangat mahal bagi kalangan usaha kecil menengah, terdesak dari hal tersebut kami berusaha menciptakan *forklift* dengan skala kecil. Dengan penggunaan alat ini diharapkan dapat mengurangi biaya pada usaha kecil menengah.

*Forklift* memiliki banyak komponen pendukung. Komponen tersebut dirancang sehingga fungsi tiap komponen saling berkaitan. Keterkaitan tiap komponen disebut sistem. Salah satu sistem yang penting adalah sistem kemudi. Sistem kemudi berfungsi agar arah kendaraan dapat diubah. Ini karena lintasan kendaraan tidak tetap.

Dalam tugas akhir ini penulis berkeinginan membuat *forklift* dengan skala kecil, yang nanti hasilnya akan dapat digunakan pada industri-industri kecil menengah, khususnya pada bidang otomotif. Maka penulis akan membahas tentang salah satu bagian dari *forklift* mini yaitu, perancangan sistem kemudi *forklift* mini dengan judul “Perancangan Sistem Kemudi Pada *Forklift* Mini Kapasitas 200 kg Untuk Usaha Kecil Menengah (UKM)”. Alasan penulis memilih judul ini ialah bagaimana merancang sistem kemudi yang tepat dan dapat diaplikasikan untuk *forklift* mini. Penulis mengharapkan agar sistem kemudi ini benar-benar dapat bekerja sesuai dengan harapan. Dengan proyek tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua kalangan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam tugas akhir adalah :

1. Bagaimana perancangan sistem kemudi pada *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM)

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Sistem kemudi pada perancangan ini adalah sistem kemudi sederhana dengan menggunakan *rack and pinion*.
2. Sistem kemudi pada perancangan ini menggunakan belokan roda belakang untuk mengendalikan arah gerakan kendaraan.

## 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

### 1.4.1. Tujuan umum

- a. Merancang sistem kemudi pada *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM).

### 1.4.2 Tujuan khusus

- a. Untuk merancang bagian – bagian kemudi *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM).
- b. Untuk menganalisa momen putar pada kemudi *forklift* mini.

## 1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Perancangan ini dapat dijadikan referensi pada perancangan sistem kemudi sederhana yang lain.
2. Perancangan sistem kemudi sederhana pada *forklift* mini ini, dapat dijadikan sebagai acuan pembuatan kendaraan ringan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Sebagai sarana penerapan ilmu perancangan teknik mesin.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Agar penulisan tugas akhir ini dapat dilaksanakan dengan mudah dan sistematis, maka pada penulisan tugas akhir ini disusun tahapan tahapan sebagai berikut :

1. BAB 1 : Pendahuluan, berisikan latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.
2. BAB 2 : Tinjauan pustaka, berisikan pembahasan tentang teori-teori yang mendasari kinerja sistem kemudi. Diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan dan rujukan dalam pelaksanaan proses pengujian sistem kemudi.
3. BAB 3 : Metode penelitian, berisikan tentang alat-alat dan bahan serta proses pengujian yang digunakan untuk sistem kemudi *forklif* mini.
4. BAB 4 : Hasil dan pembahasan, berisikan tentang hasil pengujian pada sistem kemudi *forklift* mini.
5. BAB 5 : Kesimpulan dan saran, berisikan penjelasan singkat secara garis besar dari hasil pengujian sistem kemudi *forklif* mini.



## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sejarah *Forklift*

Pertengahan abad ke-19 sampai awal abad ke-20 melihat perkembangan yang menuju *forklift modern* masa kini. Pennsylvania Railroad pada tahun 1906 memperkenalkan *platform* bertenaga baterai truk untuk memindahkan barang-barang di Altoona mereka, Pennsylvania stasiun kereta api. Perang Dunia I melihat perkembangan berbagai jenis peralatan penanganan material di Britania Raya oleh Ransomes, Sims dan Jeffries dari Ipswich. Ini sebagian karena kekurangan tenaga kerja yang disebabkan oleh perang. Clark tahun 1917 di Amerika Serikat mulai mengembangkan dan menggunakan tenaga traktor dan bertenaga mengangkat traktor di pabrik-pabrik mereka. Pada 1919, Perusahaan dan Towmotor Yale & Towne Manufaktur pada tahun 1920 memasuki *lift* pasar truk di Amerika Serikat.

Melanjutkan pengembangan dan perluasan penggunaan dari *forklift* terus berlanjut sampai tahun 1920-an dan 1930-an. Perang Dunia II, seperti Perang Dunia I sebelumnya, memacu penggunaan *forklift* truk dalam upaya perang. Setelah perang, metode yang lebih efisien untuk menyimpan produk di gudang sedang dilaksanakan. Gudang perlu lebih banyak bermanuver *forklift* truk yang bisa mencapai ketinggian lebih besar. *Forklift* baru dibuat model yang memenuhi kebutuhan ini. Pada 1956 Toyota memperkenalkan model truk angkat pertama, Model LA, di Jepang dan dijual *forklift* pertama di Amerika Serikat pada tahun 1967.

*Forklift* atau yang juga sering disebut sebagai *lift truck* adalah salah satu material *handling* yang paling banyak digunakan di dunia *logistic*. *Forklift modern* sekarang sudah berbeda jauh dengan sejarah awal *forklift* yang ada. *Forklift modern* benar-benar difokuskan untuk kedua hal utama, yaitu transportasi dan mengangkat.

*Forklift* sangat penting untuk mengangkat dan memindahkan barang dengan mudah dan cepat, yang biasanya memerlukan banyak tenaga dan waktu yang lama bila diangkat secara manual. Kenyamanan dan kemudahan yang

diberikan dengan menggunakan *forklift* ini juga mengandung resiko yang perlu menjadi perhatian baik oleh operator maupun orang yang bekerja di sekitarnya.

*Forklift modern* adalah mesin yang mengagumkan. *Forklift* sebagian besar lebih berat dari mobil atau truk yang ringan, serta kuat, menggunakan kemudi roda belakang, lebarnya kurang dari 120 cm. Tidak semua orang boleh mengoperasikan *forklift*. Mengoperasikan *forklift* merupakan pekerjaan khusus yang memerlukan pelatihan dan ijin sebagai operator yang berkualitas. Mengoperasikan *forklift* adalah pekerjaan yang penting dan hanya operator yang terlatih dan mendapat ijin saja yang boleh mengoperasikannya.

Ketika perusahaan memilih operator *forklift*, harus dipertimbangkan kemampuan, kemandirian, dan kondisi mental dan fisik yang prima dari calon operator. Operator yang ahli dan profesional harus tahu bagaimana mengoperasikan *forklift* dengan hati-hati dan selamat, serta dapat bereaksi dengan benar terhadap situasi yang berbahaya. Untuk dapat menjadi operator yang ahli dan profesional banyak hal yang harus dipahami, diantaranya sebagai berikut:

1. Bahaya-bahaya yang umum saat mengoperasikan *forklift*,
2. Kelengkapan keselamatan yang ada pada *forklift*,
3. Batas berat maksimum yang boleh diangkat dan keseimbangan beban
4. Posisi garpu saat memindahkan barang dan melalui jalan tanjakan atau turunan,
5. Mengangkat beban yang menghalangi pandangan,
6. Kondisi jalan yang dapat dilalui sesuai dengan jenis *forklift* yang digunakan,
7. Keadaan fisik *forklift* dan cara melakukan pemeriksaannya, dan sebagainya.

Operator yang ahli dan profesional merupakan kunci utama untuk pengoperasian *forklift* yang selamat dan efisien.

Peraturan Menteri tenaga Kerja No. Per.05/MEN/1985 tentang Pesawat Angkat dan Angkut, Pasal 4 mengatur setiap pesawat angkat dan angkut harus dilayani oleh operator yang mempunyai kemampuan dan telah memiliki keterampilan khusus tentang Pesawat Angkat dan Angkut. Untuk itu, pelatihan bagi operator *forklift* merupakan suatu keharusan untuk memastikan bahwa

operator tersebut sudah memiliki keahlian dan keterampilan dalam mengoperasikan *forklift*nya dengan selamat dan profesional sehingga tidak menimbulkan kecelakaan dan kerugian berupa cedera pada diri mereka sendiri dan orang lain, ataupun merusak peralatan serta material.

## 2.2 Bagian-Bagian *Forklift*

Bagian-bagian utama dari sebuah *forklift* adalah :



Gambar 2.1 Bagian-bagian utama *forklift*

### 1. *Fork*

*Fork* adalah bagian utama dari sebuah *forklift* yang berfungsi sebagai penopang untuk membawa dan mengangkat barang. *Fork* berbentuk dua buah besi lurus dengan panjang rata-rata 2.5 m. Posisi peletakan barang di atas *pallet* masuk ke dalam *fork* juga menentukan beban maksimal yang dapat diangkat oleh sebuah *forklift*.

### 2. *Carriage*

*Carriage* merupakan bagian dari *forklift* yang berfungsi sebagai penghubung antara *mast* dan *fork*. Ditempat inilah *fork* melekat. *Carriage* juga berfungsi sebagai sandaran dan pengaman bagi barang-barang dalam *pallet* untuk transportasi atau pengangkatan.

### 3. *Mast*

*Mast* adalah bagian utama terkait dengan fungsi kerja sebuah *fork* dalam *forklift*. *Mast* adalah satu bagian yang berupa dua buah besi tebal yang terkait

dengan *hydraulic system* dari sebuah *forklift*. *Mast* ini berfungsi untuk *lifting* dan *tilting*.

#### 4. *Overhead Guard*

*Overhead guard* merupakan pelindung bagi seorang *forklift driver*. Fungsi pelindungan ini terkait dengan *safety user* dari kemungkinan terjadinya barang yang jatuh saat diangkat atau diturunkan, juga sebagai pelindung dari panas dan hujan.

#### 5. *Counterweight*

*Counterweight* merupakan bagian penyeimbang beban dari sebuah *forklift*. Letaknya berlawanan dengan posisi *fork*. (Wagino. 2012)

### 2.3 Jenis-Jenis *Forklift*

Berdasarkan sumber energi yang digunakan, ada 2 macam jenis *forklift* yang saat ini populer digunakan.

#### 1. *Forklift Diesel*

*Forklift* ini menggunakan mesin *diesel* sebagai penggerakannya. Secara otomatis, *forklift* ini berbahan bakar solar dan biasanya memiliki jenis ban yang terbuat dari karet seperti ban kendaraan pada umumnya.



Gambar 2.2 *forklift diesel*

#### 2. *Forklift* Elektrik

*Forklift* ini menggunakan tenaga *baterai* sebagai sumber energinya. *Baterai* ini mempunyai *lifetime* sehingga diperlukan sebuah alat untuk *mer-recharge* sehingga *baterai* dapat berfungsi kembali. Fungsi perawatan ini sangat penting untuk kelangsungan hidup dari sebuah *baterai*. Kebetulan di Indonesia sudah ada *forklift* ini, itu foto aslinya. Tenaga yang digunakan menggunakan aki, pemakaian 1 baterai 4 jam padahal *charge* nya sampai 8 jam. Masih belum efektif.



Gambar 2.3 *Forklift* elektrik

Beberapa *forklift manufacture* yang cukup terkenal di dunia antara lain:

1. Toyota
2. Jungheinrich
3. Komatsu
4. Mitsubishi
5. NAMI (Produk cina)

Jenis *forklift* berdasarkan transmisi yang ddigunakan beserta keterangannya:

#### 1. *Automatic Transmission Forklift*

Pada umumnya *forklift automatic* lebih mudah dioperasikan dari pada manual. Yang membedakan adalah tuas *handlenya*. Tuas *handle* untuk *automatic forklift* ada 4 bagian, yaitu naik-turun, maju-mundur, cungkil, geser kiri-kanan. Untuk pengoperasiannya sangatlah mudah. Pedal bawah berfungsi sebagai rem dan kopling (apabila diinjak berfungsi sebagai kopling, apabila dilepas berfungsi sebagai rem). Agar *forklift* bergerak jalan cukup menggerakkan *handle* jalan ke arah maju atau mundur. *Forklift* jenis ini tidak ada gigi.

#### 2. *Manual Transmission Forklift*

*Forklift* jenis ini memiliki pedal yang sama seperti mobil pada umumnya, di antaranya ada pedal gas, kopling, dan rem. Pengoperasian *forklift* ini lebih sulit dibanding *automatic*. *Forklift* manual tidak terdapat tuas *handle* maju-mundur seperti *automatic forklift*. Berbeda dengan mobil pada umumnya, jika setir dibelokkan maka roda yang berbelok adalah roda bagian belakang. *Forklift* jenis ini terdapat gigi dan tuas *handle* naik-turun serta cungkil.

Perlu diketahui *forklift* memiliki beberapa bagian penting. Berikut bagian-bagian penting *forklift* yang pada umumnya kita pergunakan :

1. Harus memiliki 1 pasang garpu kurang lebih 3 meter, yang berfungsi untuk mengangkat/menurunkan atau memindahkan *pallet* berisi barang.
2. *Forklift* harus memiliki *mast*. *Mast* adalah 2 besi yang tebal yang berhubungan dengan sistem hidrolik dan berfungsi untuk *tilting* dan *lifting*.
3. *Forklift* harus memiliki *Overhead Guard* yang berguna untuk melindungi sopir *forklift* dari kecelakaan saat mengangkat atau menurunkan barang. *Overhead Guard* juga melindungi sopir dari benda jatuh dari atas, dari panas, dan juga dari hujan.
4. *Forklift* harus memiliki *counterweight*. *Counterweight* berfungsi sebagai penyeimbang beban.

Dalam pemilihan *forklift* tidak sembarangan ,biasanya disesuaikan dengan beberapa aspek, seperti ini :

1. Jenis medan yang ditempuh oleh *forklift*
2. Jenis barang dan berat barang
3. *Layout* gudang

Sampai saat ini, fungsi *forklift* masih belum dapat tergantikan. Dengan perubahan perkembangan dunia logistik yang begitu cepat, Keberadaan sebuah *forklift* masing sangat diperlukan. Persaingan kecepatan menjadi salah satu pertimbangan mengapa orang masih memilih menggunakan *forklift* sebagai satu-satunya material *handling* yang digunakan.

#### 2.4 Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan

Dalam setiap perencanaan maka pemilihan bahan dan komponen merupakan faktor utama yang harus diperhatikan seperti jenis dan sifat bahan yang akan digunakan seperti sifat tahan terhadap korosi, tahan terhadap keausan, tekanan dan lain-lain sebagainya.

Kegiatan pemilihan bahan adalah pemilihan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan alat agar dapat ditekan seefisien mungkin didalam penggunaannya dan selalu berdasarkan pada dasar kekuatan dan sumber pengandaannya.

Faktor – faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan material dan komponen adalah sebagai berikut:

### 1. Efisiensi Bahan

Dengan memegang prinsip ekonomi dan berlandaskan pada perhitungan perhitungan yang memadai, maka diharapkan biaya produksi pada tiap-tiap unit sekecil mungkin. Hal ini dimaksudkan agar hasil-hasil produksi dapat bersaing dipasaran terhadap produk-produk lain dengan spesifikasi yang sama.

### 2. Bahan Mudah Didapat

Dalam perencanaan suatu produk perlu diketahui apakah bahan yang digunakan mudah didapat atau tidak. Walaupun bahan yang direncanakan sudah cukup baik akan tetapi tidak didukung oleh persediaan dipasaran, maka perencanaan akan mengalami kesulitan atau masalah dikemudian hari karena hambatan bahan baku tersebut. Untuk itu harus terlebih dahulu mengetahui apakah bahan yang digunakan itu mempunyai komponen pengganti dan tersedia dipasaran. Bahan yang mudah didapat dalam proses rancang bangun ini seperti besi profil U, bantalan, *sprocket* sepeda motor, elektroda, dan besi profil L. Bahan tersebut mudah didapat karena sudah banyak tersedia di pasaran.

### 3. Spesifikasi Bahan yang Dipilih

Pada bagian ini penempatan bahan harus sesuai dengan fungsi dan kegunaannya sehingga tidak terjadi beban yang berlebihan pada bahan yang tidak mampu menerima beban tersebut. Dengan demikian pada perencanaan bahan yang akan digunakan harus sesuai dengan fungsi dan kegunaan suatu perencanaan. Bahan penunjang dari alat yang akan dibuat memiliki fungsi yang berbeda dengan bagian yang lain, dimana fungsi dan masing-masing bagian tersebut akan mempengaruhi antara bagian yang satu dengan bagian yang lain.

Dalam suatu alat biasanya terdiri dari dua bagian yaitu bagian primer dan sekunder, dimana kedua bagian tersebut harus dibedakan dalam peletakannya karena kedua bagian tersebut memiliki daya tahan yang berbeda dalam pembebanannya. Sehingga bagian primer harus diprioritaskan daripada bagian sekunder. Apabila ada bagian yang rusak atau aus yang disebabkan karena pemakaian, maka bagian sekunderlah

yang mengalami kerusakan terlebih dahulu. Dengan demikian proses penggantian hanya dilakukan pada bagian sekundernya dan tidak mengganggu bagian primer.

#### 4. Pertimbangan Khusus

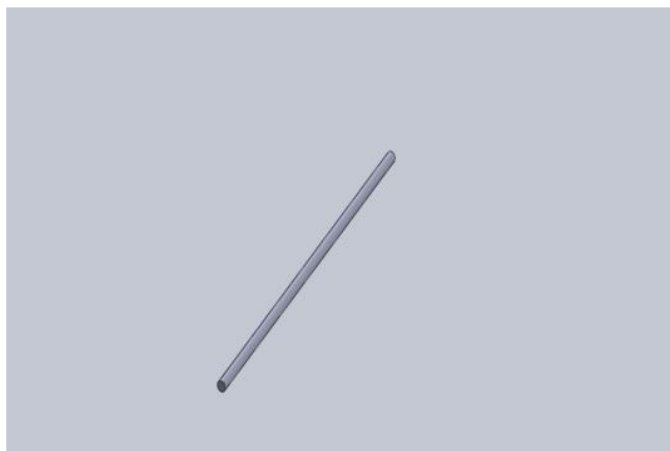
Dalam pemilihan bahan ini adalah yang tidak boleh diabaikan mengenai komponen-komponen yang menunjang atau mendukung pembuatan alat itu sendiri. Komponen-komponen penyusun alat tersebut terdiri dari dua jenis yaitu komponen yang dapat dibuat sendiri dan komponen yang sudah tersedia dipasaran dan telah distandarkan. Jika komponen tersebut lebih menguntungkan untuk dibuat, maka lebih baik dibuat sendiri. Apabila komponen tersebut sulit untuk dibuat tetapi terdapat dipasaran sesuai dengan standar, lebih baik dibeli karena menghemat waktu pengerjaan.

Dalam hal ini untuk menentukan bahan yang akan digunakan kita hendaknya mengetahui batas kekuatan bahan dan sumber pengadaannya baik itu batas kekuatan tariknya, tekanannya maupun kekuatan puntirnya karena itu sangat menentukan tingkat keamanan pada waktu pemakaian.

### 2.5 Bagian Terpenting *Forklift* Mini

#### 1. Poros

Poros (seperti Gambar 2.4) berperan meneruskan daya dan putaran. Umumnya poros meneruskan daya melalui sabuk, roda gigi dan rantai. Poros menerima beban puntir dan lentur. Putaran poros biasa ditumpu oleh satu atau lebih bantalan untuk meredam gesekan yang ditimbulkan.



Gambar 2.4 Poros

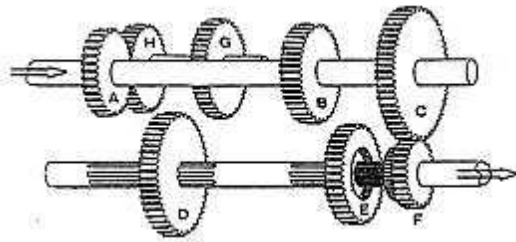


a. Macam-macam poros

Ada beberapa macam jenis poros diantaranya yaitu:

1. Poros Transmisi

Poros jenis ini (seperti Gambar 2.5) mendapat beban puntir murni dan beban lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui rantai yang berfungsi untuk meneruskan tenaga mekanik ke komponen penggerak yang lain (Aryasepa 2007).



Gambar 2.5 Poros Transmisi

2. *Spindle*

Poros tranmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran (seperti Gambar 2.6), disebut *spindle*. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya yang harus kecil, dan bentuk serta ukuranya harus teliti.



Gambar 2.6 *Spindle*.

3. Gandar

Gandar (seperti Gambar 2.7) adalah poros yang tidak mendapatkan beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Contohnya seperti yang dipasang diantara roda-roda kereta barang.



Gambar 2.7 Gandar

Rumus yang berkaitan pada poros pejal

$$T = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot d \quad (2.1)$$

b. Hal-hal penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan poros.

Untuk merencanakan sebuah poros, hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan Poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir atau lentur, atau gabungan antara puntir dan lentur. Poros juga ada yang mendapat beban tarik atau tekan seperti poros baling-baling kapal atau turbin, dan lain-lain. Kelelahan tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan bila diameter poros diperkecil (poros bertangga) atau bila poros mempunyai alur pasak harus diperhatikan. Sebuah poros harus direncanakan cukup kuat untuk menahan beban-beban seperti yang telah disebutkan di atas.

Rumus untuk menghitung diameter poros

$$d_s = \frac{5,1}{\omega} \cdot k_t \cdot c_b \cdot T \quad (2.2)$$

2. Bahan Poros

Poros pada mesin umumnya terbuat dari baja batang yang ditarik dingin. Meskipun demikian, bahan tersebut kelurusannya agak kurang tetap dan dapat mengalami deformasi karena tegangan yang kurang seimbang misalnya jika diberi alur pasak, karena ada tegangan sisa dalam terasnya. Akan tetapi, penarikan dingin juga dapat membuat permukaannya menjadi keras dan kekuatannya bertambah besar.

Poros-poros yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan beban berat umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan terhadap keausan. Beberapa bahan yang dimaksud di

antaranya adalah baja khrom, nikel, baja khrom, dan lain-lain. Sekalipun demikian, pemakaian baja paduan khusus tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya untuk putaran tinggi dan beban berat saja. Hal ini perlu dipertimbangkan dalam penggunaan baja karbon yang diberi perlakuan panas secara tepat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan.

Tabel 2.1 *Mechanical properties of steels used for shafts*

<i>Indian standart designation</i>	<i>Ultimate tensile strength, Mpa</i>	<i>Yield strength, Mpa</i>
40 C 8	560-670	320
45 C 8	610-700	350
50 C 4	640-760	370
50 C 12	700 Min	390

### c. Rumus Perhitungan

Perencanaan poros harus menggunakan perhitungan sesuai dengan yang telah ditetapkan. Berikut ini adalah rumus-rumus dasar yang digunakan dalam perhitungan perencanaan poros.

- Tegangan bengkok ( $\sigma_b$ )

$$M = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot d^3 \quad (2.3)$$

- Tegangan puntir ( $\tau$ )

$$T = \frac{\pi}{16} \cdot \tau \cdot d^3 \quad (2.4)$$

- Tegangan Kombinasi ( $\sigma_k$ )

$$\sigma_k = \frac{16}{\pi d^3} \cdot M + \sqrt{M^2 + T^2} \quad (2.5)$$

## 2. Roda

Roda depan dan belakang berfungsi sebagai penunjang *forklift* untuk dapat berjalan maju mundur. Roda depan sebagai tenaga penerus gerak *forklift* yang diterima/didapat dari tenaga yang disalurkan melalui rantai roda. Semakin besar gesekan dan beban kendaraan, maka semakin besar tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda.

## 3. Sistem Kemudi

Sistem kemudi merupakan suatu mekanisme pada kendaraan yang berfungsi untuk mengatur dan membelokkan roda depan. Sistem kemudi ini

merupakan salah satu sistem yang terdapat pada *chassis* kendaraan yang berfungsi untuk merubah arah kendaraan dan laju kendaraan. Perubahan arah ini dilakukan dengan membelokkan roda-roda depan kendaraan dan menjaga agar posisi tetap stabil. Cara kerjanya adalah saat roda-roda kemudi (*steering wheel*) di gerakkan atau diputar, kolom kemudi (*steering colomn*) kemudian meneruskan putaran ke putaran roda gigi kemudi (*steering gear*). *Steering gear* ini berfungsi untuk memperbesar momen putar sehingga menghasilkan tenaga yang lebih besar untuk menggerakkan roda depan melalui sambungan-sambungan kemudi (*steering linkage*). Sistem kemudi dibagi menjadi dua yaitu sistem kemudi manual dan sistem kemudi *power steering*.

a. Kontruksi Sistem Kemudi

Kontuksi sistem kemudi terdiri dari tiga bagian utama, yaitu:

1. *Steering Column*

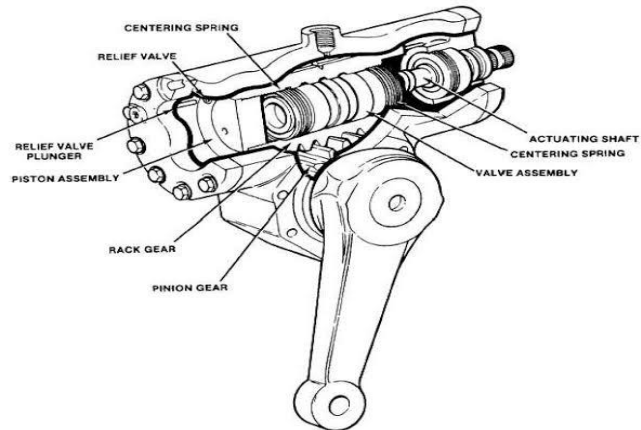
*Steering column* (seperti gambar 2.8) terdiri dari *main shaft* yang meneruskan putaran *steering wheel* ke *steering gear* dan *column tube* yang mengikat *main shaft* ke *body*. Bagian ujung dari *main shaft* dibuat meruncing dan bergerigi sebagai tempat mengikat *steering wheel* dengan sebuah mur pengikat dan *steeringlock* untuk mengunci *main shaft* (KD Artika 2017).



Gambar 2.8 *Steering Column*

2. *Steering Gear*

*Steering gear* (seperti gambar 2.9) berfungsi untuk mengarahkan roda depan dan dalam waktu bersamaan juga berfungsi sebagai gigi reduksi untuk meningkatkan momen agar kemudi menjadi ringan.



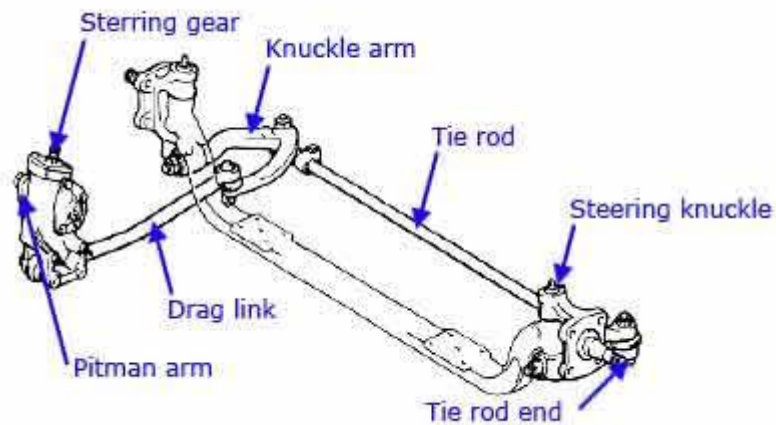
Gambar 2.9 *Steering Gear*

### 3. *Steering Linkage*

*Steering linkage* (seperti gambar 2.10) terdiri dari *rod* dan *arm* yang meneruskan tenaga gerak dan *steering gear* ke roda depan. Gerakan roda kemudi harus diteruskan ke roda-roda depan dengan akurat walaupun mobil bergerak naik turun. Ada dua jenis *steering linkage* yaitu:

a) *Steering linkage* untuk *suspensi rigid*

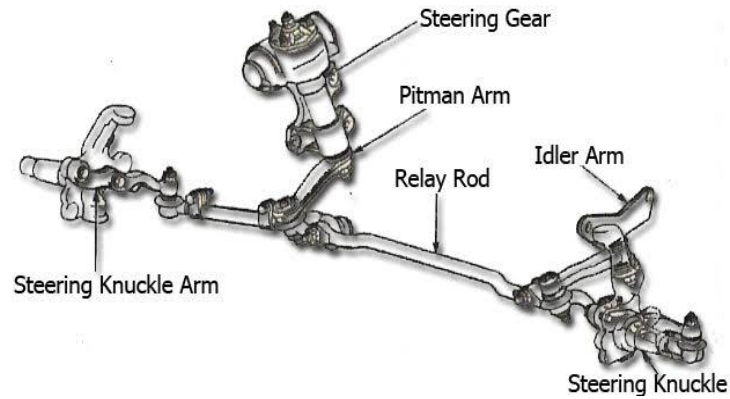
*Steering linkage* tipe ini terdiri dari *pitman arm*, *drag link*, *knucklearm*, *tie rod* dan *tie rod end*. *Tie rod* mempunyai pipa untuk menyetel panjangnya *rod*.



Gambar 2.10 *Steering linkage* untuk *suspensi rigid* (KD Artika 2017).

b) *Steering linkage* untuk *suspensi independent*

Pada tipe ini (seperti gambar 2.11) terdapat sepasang *tie rod* yang disambungkan dengan *relay rod*.



Gambar 2.11 *Steering linkage* untuk *suspensi independent* (KD Artika 2017).

## b. Jenis-jenis Sistem Kemudi

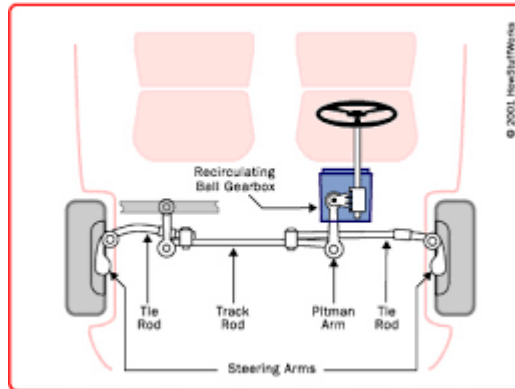
Ada dua jenis sistem kemudi yaitu sistem kemudi manual (*Manual Steering System*) dan sistem kemudi *Power Steering*.

### 1. Sistem Kemudi Manual (*Manual Steering System*)

Sistem kemudi manual juga bisa disebut sistem kemudi konvensional karna masih memanfaatkan tenaga dari pengemudi untuk membelokan roda. Ada dua komponen mekanis umum yang dipakai untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi dan mentransmisikan gerakan melingkar menjadi gerakan lurus yaitu: pertama adalah *recirculating-ball* dan yang kedua adalah *rack and pinion* (KD Artika 2017).

#### a) *Recirculating-ball*

Sistem mekanis ini umumnya digunakan pada kendaraan besar dan angkutan seperti truk, bus dan kendaraan besar lainnya yang membutuhkan gaya yang lebih besar dari pengemudi untuk membelokan roda kemudi dengan baik. *Recirculating-ball* (seperti gambar 2.12) dimaksud untuk dapat meningkatkan rasio kemudi yang dapat meningkatkan gaya putar dari pengemudi yang lebih besar sehingga meringankan beban pengemudi.



Gambar 2.12 *Recirculating-ball*

*Steering gear* berfungsi untuk mengarahkan roda depan dan meningkatkan momen dengan reduksi giginya sehingga kemudi menjadi lebih ringan. Pemakaian *steering gear* pada *recirculating ball* dikarenakan menginginkan keuntungan momen yang besar sehingga pengemudian relatif lebih ringan. Selain itu juga karena lebih tahan beban yang berat dan lebih tahan keausan serta sifat peredaman getarannya lebih baik.

b) *Rack and Pinion*

Sistem ini pada umumnya digunakan pada kendaraan penumpang atau kendaraan kecil yang tidak memerlukan gaya yang besar untuk memutar roda kemudi. Sistem ini mempunyai *pinion gear* pada ujung poros lingkaran kemudi yang dihubungkan dengan *rack* datar dan gigi yang sesuai dengan gigi pada *pinion*. *Pinion* dengan gerak berputar dirubah oleh *rack* menjadi gerakan lurus.

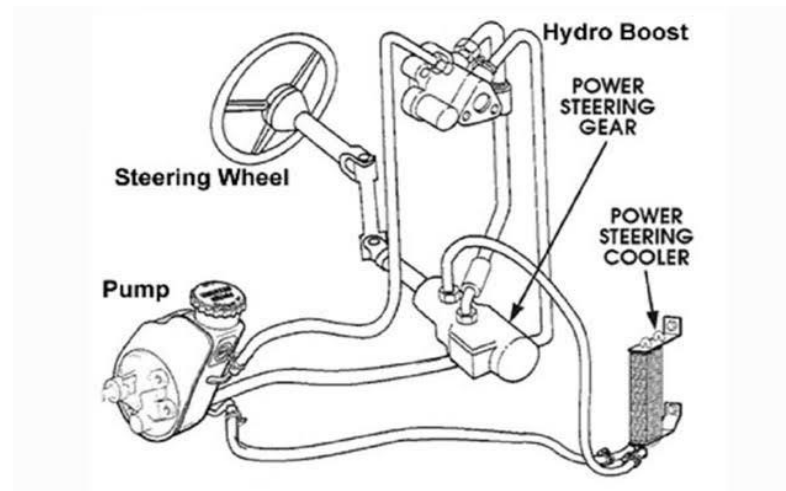
Sistem kemudi *rack and pinion* (seperti gambar 2.13) ini mempunyai rasio kemudi yang terbatas sehingga kemampuannya untuk meningkatkan gaya putar dari pengemudi juga terbatas. Karena rasio yang terbatas tersebut maka sistem ini pada umumnya digunakan pada kendaraan kecil. Pada ujung batang dari *rack* dihubungkan dengan *tie-rod* yang dapat mendorong *steering arm*.



Gambar 2.13 *Rack and Pinion*

## 2. Sistem Kemudi *Power Steering*

*Power steering* (seperti gambar 2.14) adalah sebuah sistem hidrolis yang berfungsi untuk memperingan tenaga yang dibutuhkan untuk memutar kemudi terutama pada kecepatan rendah dan menyesuainya pada kecepatan menengah serta tinggi.



Gambar 2.14 Sistem Kemudi *Power Steering*

### c. Ketentuan-ketentuan yang harus dimiliki kemudi

1. Dapat digunakan sebagai pengendali arah kendaraan untuk segala kondisi segala jenis belokan dan dalam segala kecepatan.
2. Dapat menjamin serta menjaga kestabilan kendaraan pada segala jenis gerakan belok dan dalam segala kecepatan.
3. Tidak membutuhkan tenaga yang besar dari pengemudi untuk menggerakkan dan mengendalikan arah roda kemudi (A Herdianto – mechanova 2013)



#### 4. Roda gigi

Bagian roda gigi dapat dilihat pada gambar 2.15 di bawah ini, sedangkan ukuran gigi dinyatakan dengan “Jarak Bagi Lingkaran”, jarak sepanjang lingkaran jarak bagi antara profil dua gigi yang berdekatan.

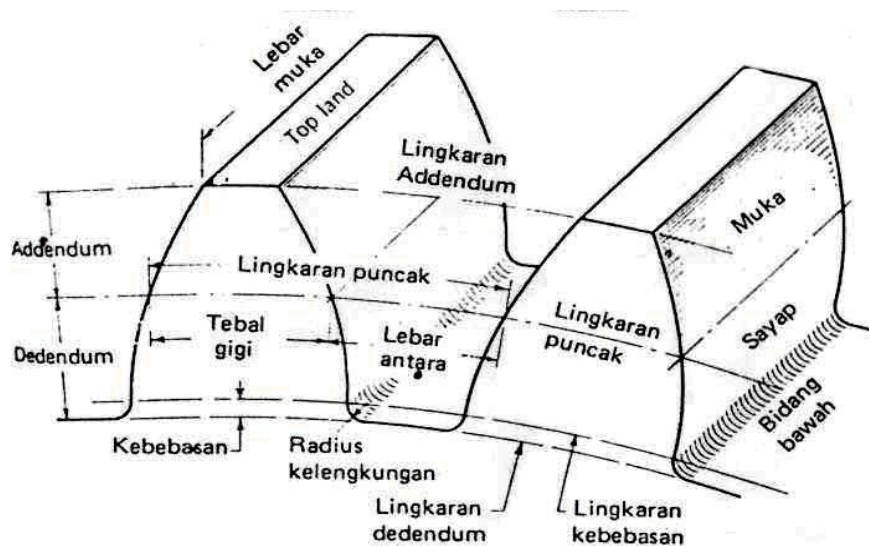
Jika jarak lingkaran bagi dinyatakan dengan  $d$  (mm), dan jumlah gigi  $z$ , maka jarak bagi lingkaran  $t$  (mm) dapat ditulis sebagai berikut :

$$t = \frac{\pi \cdot d}{z} \quad (2.6)$$

Jadi, jarak bagi lingkaran adalah keliling lingkaran jarak bagi dibagi dengan jumlah gigi.

Dengan demikian ukuran gigi dapat ditentukan dari besarnya jarak bagi lingkaran tersebut. Namun, karena jarak bagi lingkaran selalu mengandung faktor  $\pi$ , pemakaiannya sebagai ukuran gigi kurang praktis. Untuk mengatasi hal ini, diambil ukuran yang di sebut “*modul*” dengan lambang  $m$ , di mana :

$$m = \frac{d}{z} \quad (2.7)$$



Gambar 2.15 Bagian-Bagian Roda gigi

Dengan cara ini, maka dapat ditentukan sebagai bilangan bulat atau bilangan pecahan yang lebih praktis. Maka modul dapat menjadi ukuran gigi.

Keterangan gambar :

1. Lingkaran jarak bagi (*Pitch circle*) yaitu lingkaran imajiner yang dapat memberikan gerakan yang sama seperti roda gigi sebenarnya.
2. Tinggi Kepala (*Addendum*) yaitu jarak radial gigi dari lingkaran jarak bagi ke puncak kepala.
3. Tinggi kaki (*Dedendum*) yaitu jarak radial gigi dari lingkaran jarak bagi ke dasar kaki.
4. Lingkaran kepala (*Addendum circle*) yaitu gambaran lingkaran yang melalui puncak kepala dan sepusat dengan lingkaran jarak bagi.
5. Lingkaran kaki (*Dedendum circle*) yaitu gambaran lingkaran yang melalui dasar kaki dan sepusat dengan lingkaran jarak bagi.
6. Lebar gigi (*Tooth space*) yaitu sela antara dua gigi yang saling berdekatan.
7. Tebal gigi (*Tooth thickness*) yaitu lebar gigi antara dua sisi gigi yang berdekatan.
8. Sisi kepala (*Face of the tooth*) yaitu permukaan gigi di atas lingkaran jarak bagi.
9. Sisi kaki (*Flank of the tooth*) yaitu permukaan gigi di bawah lingkaran jarak bagi.
10. Lebar gigi (*Face width*) yaitu lebar gigi pada roda gigi secara paralel pada sumbunya.

4.1 Rumus yang digunakan untuk perhitungan roda gigi lurus yaitu :

a. Perbandingan putaran transmisi (*speed ratio*), dinyatakan dalam notasi:  $i$

$$\text{Speed ratio} : i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \quad (2.8)$$

Apabila:  $i < 1$  = transmisi roda gigi inkripsi

$i > 1$  = transmisi roda gigi reduksi

b. Jumlah roda gigi

$$Z = \frac{D}{m} \quad (2.9)$$

Harga modul diambil dari tabel harga modul standar JIS B 1701 – 1973

(Buku Sularso, 1983, hal 216).

c. Diameter lingkaran kepala

$$D_k = (z + 2) \cdot m \quad (2.10)$$

d. Diameter lingkaran kaki

$$D_g = Z \cdot m \cdot \cos \alpha \quad (2.11)$$

e. Kecepatan keliling

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60 \cdot 1000} \quad (2.12)$$

f. Gaya tangensial

$$F_t = \frac{102 \cdot p_d}{V} \quad (2.13)$$

Setelah itu kita dapat melakukan perhitungan beban lentur, dalam perhitungan beban lentur ini perlu diketahui faktor bentuk gigi (Y) yang diperoleh dari tabel faktor bentuk gigi ( Sularso, 1983 ) yang merupakan harga untuk profil gigi standar dengan sudut  $20^\circ$

Tabel 2.2 Bahan untuk kontruksi roda gigi

Bahan	Lambang	Kekuatan tarik $\sigma_B$ (kg/ mm <sup>2</sup> )	Kekerasan ( <i>Brinell</i> ) HB	Tegangan lentur yang diizinkan $\sigma_A$ (kg/ mm <sup>2</sup> )
Besi cor	FC 15	15	140 – 160	7
	FC 20	20	160 – 180	9
	FC 25	25	180 – 240	11
	FC 30	30	190 – 240	13
Baja cor	SC 42	42	140	12
	SC 46	46	160	19
	SC 49	49	190	20
Baja karbon Untuk konstruksi mesin	S 25 C	45	123 – 183	21
	S 35 C	52	149 – 207	26
	S 45 C	58	167 – 229	30
Baja paduan dengan pengerasan Kulit	S 15 K	50	400(dicelup dingin dlm minyak)	30
	SNC 21	80	600(di celup dingin dlm minyak)	34 – 40
	SNC 22	100		40 – 55

Sumber : Sularso dan Kiyatkatshu Saga, dasar-dasar perencanaan dan pemeliharaan elemen mesin (Lit 1 hal. 241)

g. Beban lentur

$$Fb = \sigma_a \cdot m \cdot Y \cdot Fv \quad (2.14)$$

Sedangkan harga faktor dinamis diambil dari tabel faktor dinamis (Sularso, 1983) di mana harganya ditentukan berdasarkan tingkat kecepatan pada tiap roda gigi, di mana untuk kecepatan rendah dapat menggunakan rumus (Tabel 2.3) di bawah ini :

Tabel 2.3 Faktor dinamis ( $f_v$ )

Kecepatan	V (m/s)	$f_v$
Kecepatan rendah	0,5 – 10	$3/3+v$
Kecepatan sedang	5 – 20	$6/6+v$
Kecepatan tinggi	20 – 50	$5,5/5,5+\sqrt{y}$

Sumber : Sularso dan Kiyatkatshu Saga, dasar-dasar perencanaan dan pemeliharaan elemen mesin (Lit 1 hal. 240)

a. Lebar gigi

$$b = \frac{Ft}{Fb} \quad (2.15)$$

Dan untuk mencari diameter lingkaran jarak bagi yang sebenarnya adalah :

$$D = Z \cdot m \quad (2.16)$$

## 5. Mur dan Baut

Mur dan baut (seperti gambar 2.16) adalah alat pengikat yang sangat penting dalam suatu rangkaian perancang ini. Jenis mur dan baut beraneka ragam sehingga dalam penggunaannya disesuaikan dengan kebutuhan.

Pemakaian mur dan baut pada kontruksi *forklift mini* umumnya digunakan untuk mengikat beberapa komponen. (Tony 2011)



## Gambar 2.16 Mur dan Baut

Pemilihan mur dan baut sebagai pengikat harus dilakukan dengan teliti untuk mendapatkan ukuran yang sesuai dengan beban yang diterimanya sebagai usaha untuk mencegah kerusakan pada suatu alat. Adapun kerusakan yang dapat ditimbulkan oleh baut antara lain tegangan akibat geser dan permukaan. Rumus dasar perhitungan tegangan geser dan permukaan pada baut sama juga dengan perhitungan tegangan komponen lain.

- Tegangan geser yang terjadi ( $\tau_g$ ):

$$\tau_s = \frac{F}{A} \quad (2.17)$$

- Untuk penampang pada tegangan geser

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \quad (2.18)$$

- Tegangan permukaan yang terjadi ( $\tau_p$ ):

$$\tau_p = \frac{f}{a} \quad (2.19)$$

### 2.6 *Software solidworks*

*Solidworks* adalah *software* CAD 3D yang dikembangkan oleh *solidworks corporation* yang sekarang sudah diakui isi oleh *dessanult systemes*. *Solidworks* merupakan *software* yang digunakan untuk membuat *design* produk dari yang sederhana sampai kompleks seperti roda gigi, *chassis*, *handphone*, mesin mobil, dan lainnya. File dari *solidworks* ini bisa di ekspor ke *software* analisis berupa *ansys*, *solidworks* dalam penggambaran dan pembuatan model 3D menyediakan *Feature-Based*, *Parametric Solid Modelling*. *Feature-based* dan *parametric solid* ini akan sangat mempermudah bagi penggunaanya dalam membuat model 3D (S Arif 2016).

### 2.7 Perawatan Sistem Kemudi

Perawatan yang harus dilakukan supaya kemudi tetap biasa berjalan dengan lancar dan dapat berfungsi dengan baik ada dua macam antara lain:

1. Pencegahan kerusakan.

Pencegahan ini dilakukan untuk meminimalis serta menghambat terjadinya kerusakan yang mungkin terjadi sebelum kerusakan itu benar-benar terjadi, antara lain:

- 1) Pelapisan dengan menggunakan cat supaya komponen-komponen sistem kemudi tidak mudah terkorosi dan pada akhirnya dapat menyebabkan komponen tersebut cepat rusak.
- 2) Memberi pelumas oli atau stenpet pada bagian-bagian seperti; batang kemudi dan *ball joint* agar tidak cepat aus.
- 3) Perbaikan dengan cara memperbaiki komponen sistem kemudi apabila terjadi kerusakan, walaupun hal ini dianggap mengurangi kinerja tetapi tetap harus dilakukan, karena tanpa perbaikan sistem kemudi tidak akan dapat bekerja dengan baik (A Suyono 2013).

## BAB 3 METODEOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.1.1 Tempat Penelitian

Adapun tempat dilakukannya proses unjuk kerja pengoperasian *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM) yang didesain menggunakan *software solidworks 2014* di desa Batang Kuis, Kuala Tanjung, Dusun VII Jl. Johar Raya, dan di Laboratorium Komputer Fakultas Teknik Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No. 3 Medan.

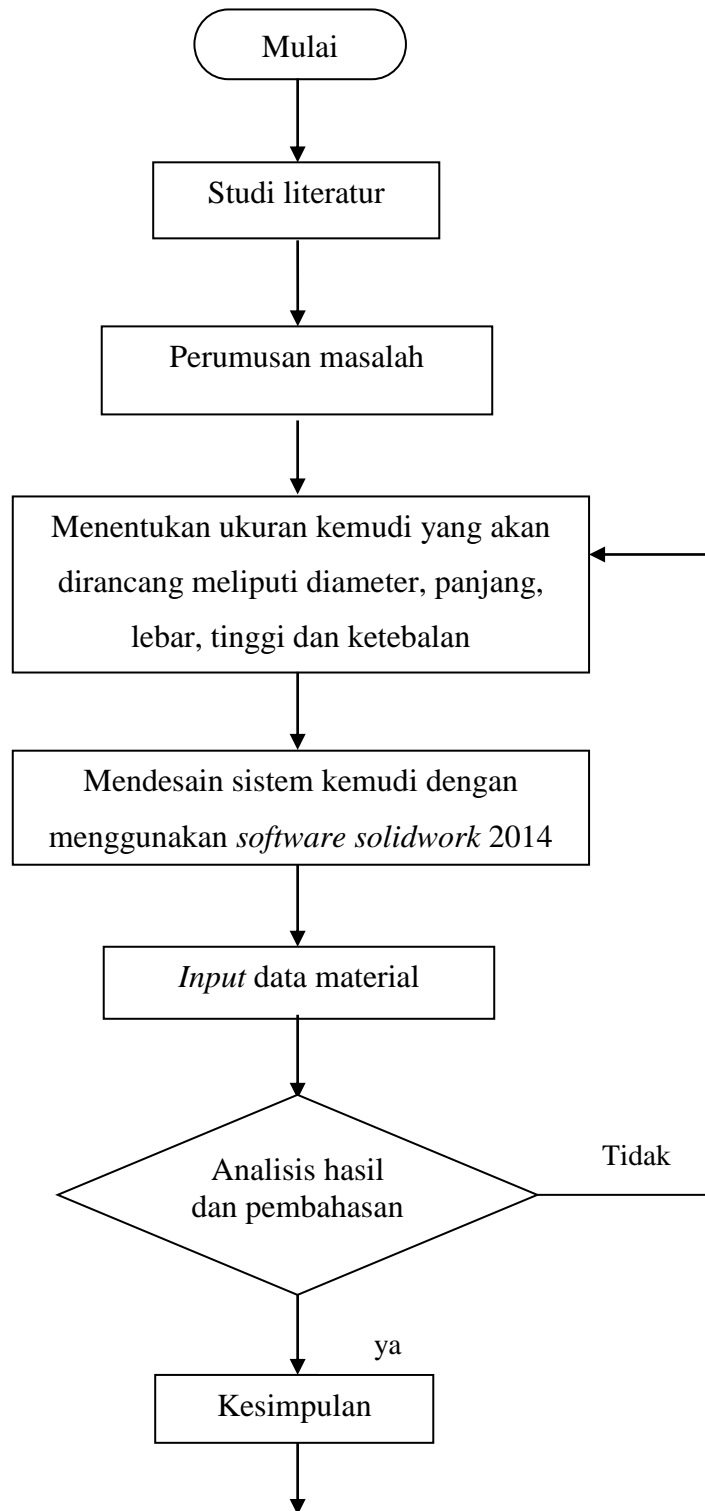
#### 3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan proses mendesain dan pembuatan *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah selama 10 bulan setelah laporan tugas akhir disetujui. dan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada Gambar 3.1 dibawah ini:

Tabel 3.1 : Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Bulan (tahun 2018-2019)							
		Juli	Agus	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	
1	Pengajuan Judul								
2	Pengumpulan Data								
3	Perancangan Desain								
4	Pembuatan Alat								
5	Pelaksanaan Pengujian								
6	Penyelesaian Skripsi								

### 3.2 Diagram Alir Penelitian





Selesai

Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

### 3.3 Alat Perancangan

Adapun alat yang digunakan pada perancangan sistem kemudi *forklift* mini untuk usaha kecil menengah ini adalah sebagai berikut:

#### 3.3.1 Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam studi numerik ini adalah sebagai berikut:

- a. *Processor* : Intel® Celeron® CPU N2840 @ 2,16GHz
- b. *Ram* : 2.00 GB
- c. *Operating system* : 64-bit Operating System



Gambar 3.2 Laptop

#### 3.3.2 Software *solidworks*

Spesifikasi *software* yang digunakan dalam pembuatan desain *chassis forklift* mini ini adalah sebagai berikut:

- a. *Name* : *Solidworks 2014 Activation Wizard*
- b. *Type* : *Application*
- c. *Size* : 9.57 MB

### 3.4 Tahap Awal Perancangan

#### 3.4.1 Membuka aplikasi *solidworks*

Sebelum melakukan perancangan desain, langkah pertama kali yaitu adalah :

1. Buka laptop
2. Tekan tombol *power* untuk menyalakan laptop.
3. Setelah laptop telah menyala, langkah selanjutnya *double* klik *start* menu pada aplikasi *solidworks*.
4. Setelah menu awal *solidworks* telah muncul, selanjutnya arahkan kursor pada bagian kiri atas dan pilih menu *new document*, lalu klik.
5. Setelah muncul menu tampilan *new document*, pilih menu *part*, lalu klik *ok*. Maka akan muncul tampilan jendela kerja *solidworks*.
6. Langkah selanjutnya yaitu mengatur satuan ukuran pada jendela kerja, dengan mengarahkan kursor ke kanan pojok bawah dan memilih satuan yang digunakan, yaitu satuannya milimeter.
7. Selanjutnya pilih menu *sketch*, lalu klik. Maka akan muncul pilihan tampilan *plane*. Dalam perancangan *design* kemudi ini, dipilih *front plane*,
8. Setelah melakukan pemilihan bagian *sketch* menggunakan *front plane*, maka akan tampil jendela kerja
9. Selanjutnya pilih garis (*line*), pilih garis bantu (*center line*), lalu tarik garis dari sebelah kiri ke sebelah kanan pada jendela kerja.
10. Selanjutnya memberi ukuran pada garis bantu, klik *smart dimension* lalu masukan ukuran, yaitu sesuai dengan yang ingin di buat.

#### 3.4.2 Menganalisa momen putar

Sebelum melakukan pengujian sudut belok, langkah pertama kali yaitu adalah:

1. Mengukur lengan gaya kemudi menggunakan *software solidworks*
2. Mengukur sudut antara lengan gaya kemudi menggunakan *software solidworks*.
3. Menghitung kecepatan *forklift* menggunakan aplikasi *digiHUD* di *smartphone*.
4. Menghitung berat keseluruhan *forklift*, dan beban *driver*, menggunakan timbangan.

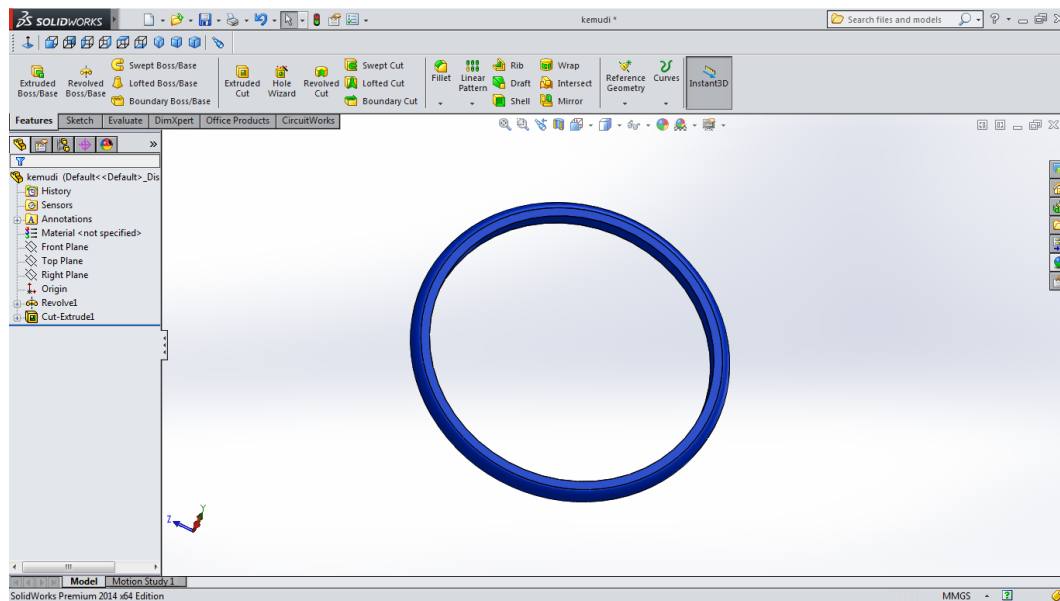
## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Desain Sistem Kemudi *Forklift* Mini

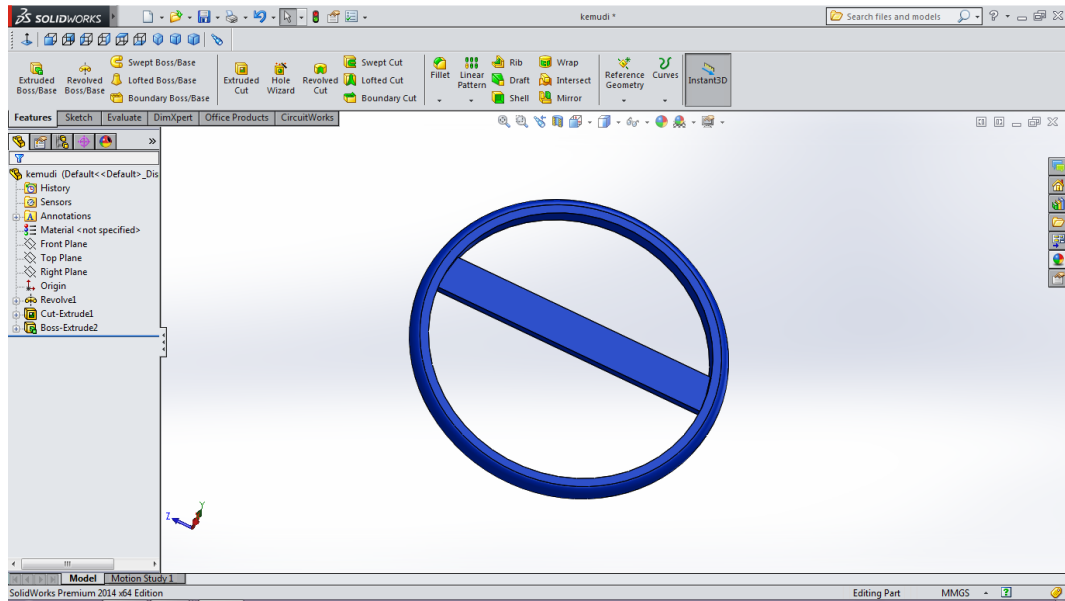
Adapun hasil desain sistem kemudi *forklift* mini yang dibuat dengan menggunakan *software solidwork 2014* adalah sebagai berikut :

#### a. Roda kemudi

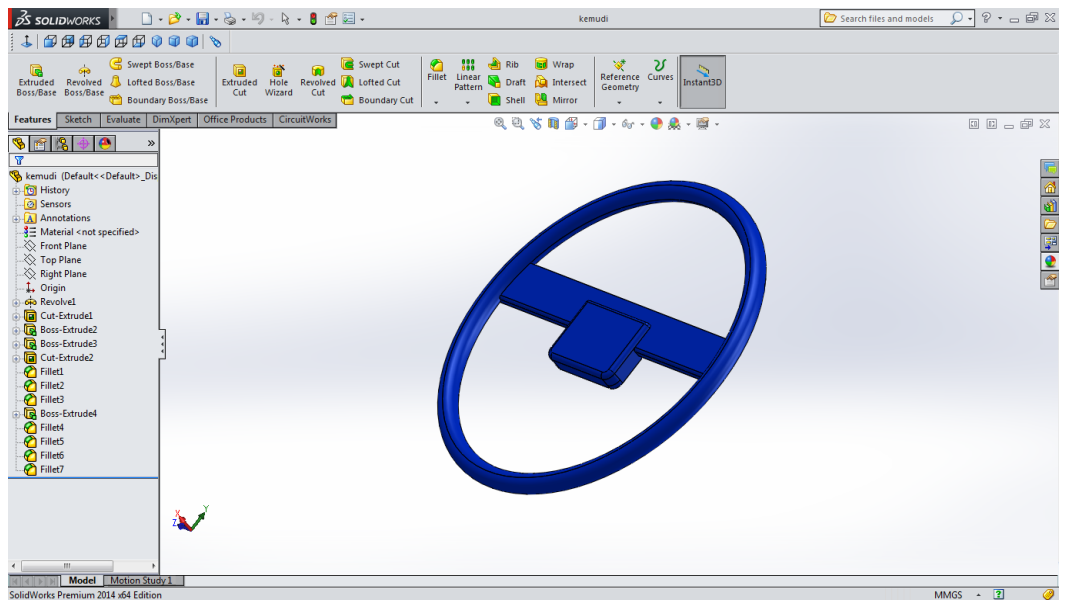
Desain roda kemudi, dengan memiliki diameter total 370 mm, tinggi roda kemudi 20 mm, dan memiliki tombol klakson, dengan lebar 100 mm dan tinggi 55 mm, dapat di lihat pada gambar 4.1, gambar 4.2, dan gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.1 Roda kemudi 30 %



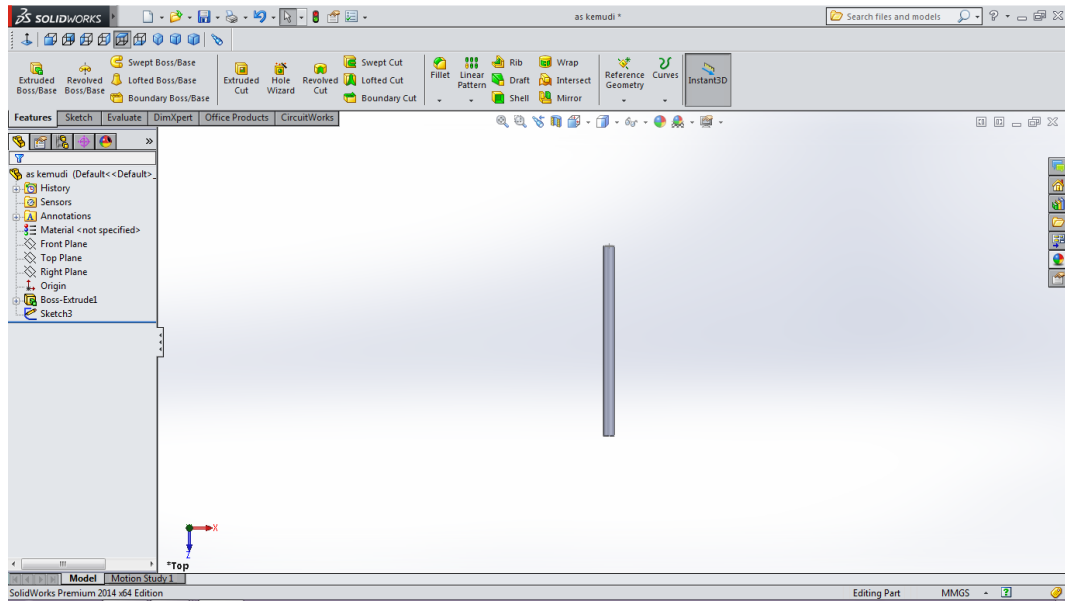
Gambar 4.2 Roda kemudi 60 %



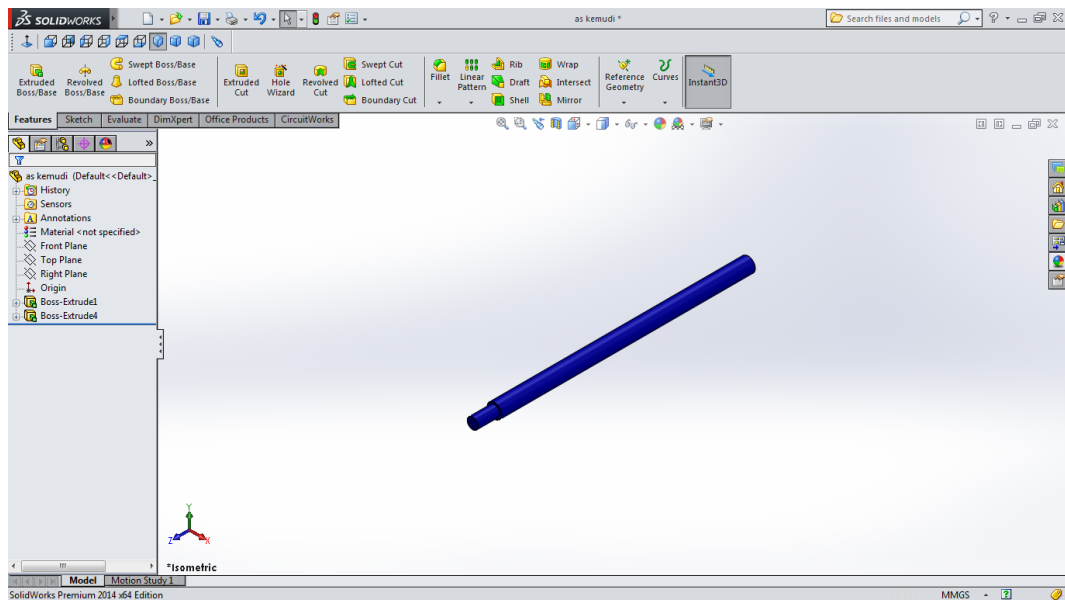
Gambar 4.3 Roda kemudi 100 %

b. Poros kemudi/lengan gaya

Desain poros kemudi, dengan ukuran panjang 350 mm dan berdiameter 20 mm. Bagian bawah batang kemudi berdiameter 15 dan panjang 30 mm, dapat dilihat pada gambar 4.4, dan gambar 4.5 dibawah ini.



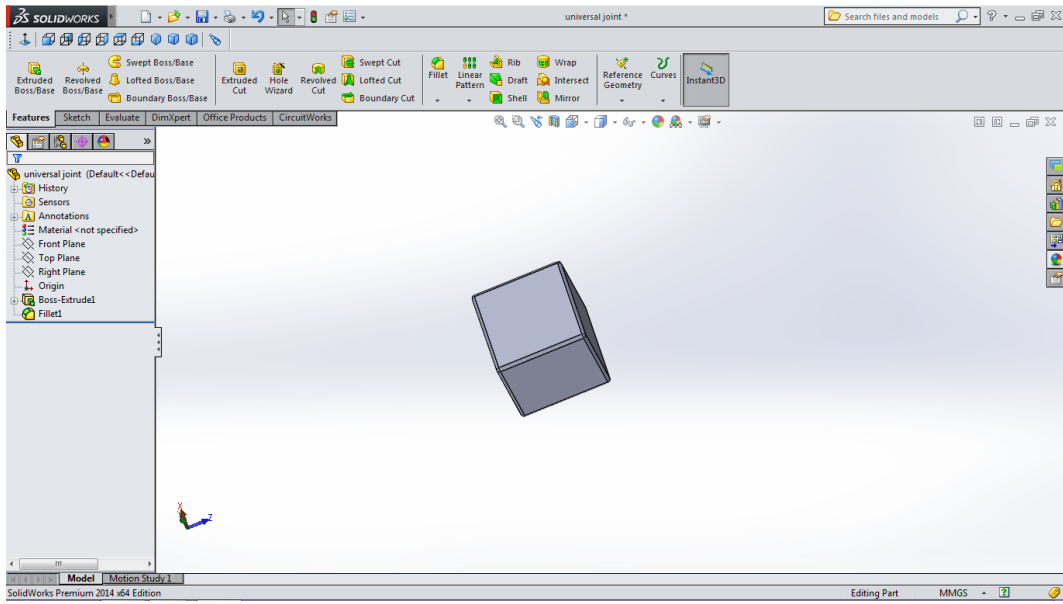
Gambar 4.4 Poros kemudi 50 %



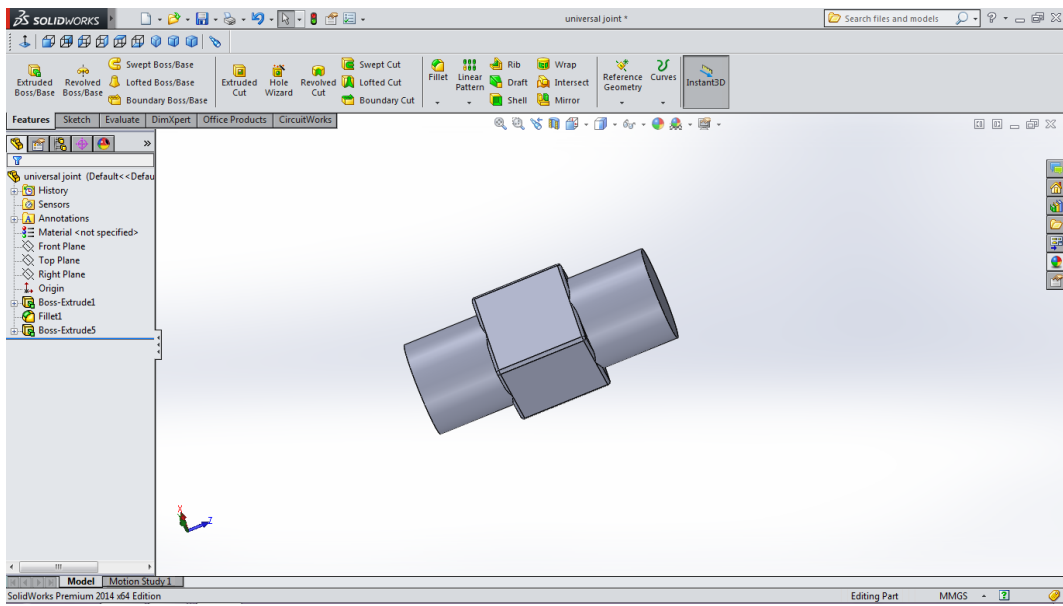
Gambar 4.5 Poros kemudi 100 %

c. *Universal joint/spider*

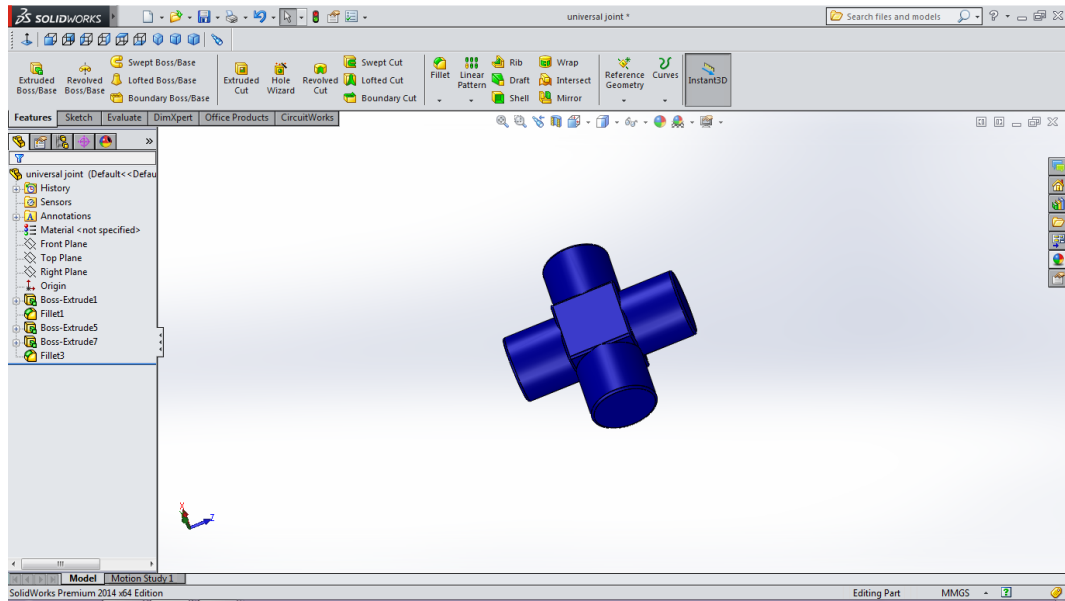
Desain *Universal joint/ spider*, dengan ukuran panjang 40 mm dan berdiameter 15 mm, dapat dilihat pada gambar 4.6, gambar 4.7, dan gambar 4.8 dibawah ini:



Gambar 4.6 *Universal joint/spider 30 %*



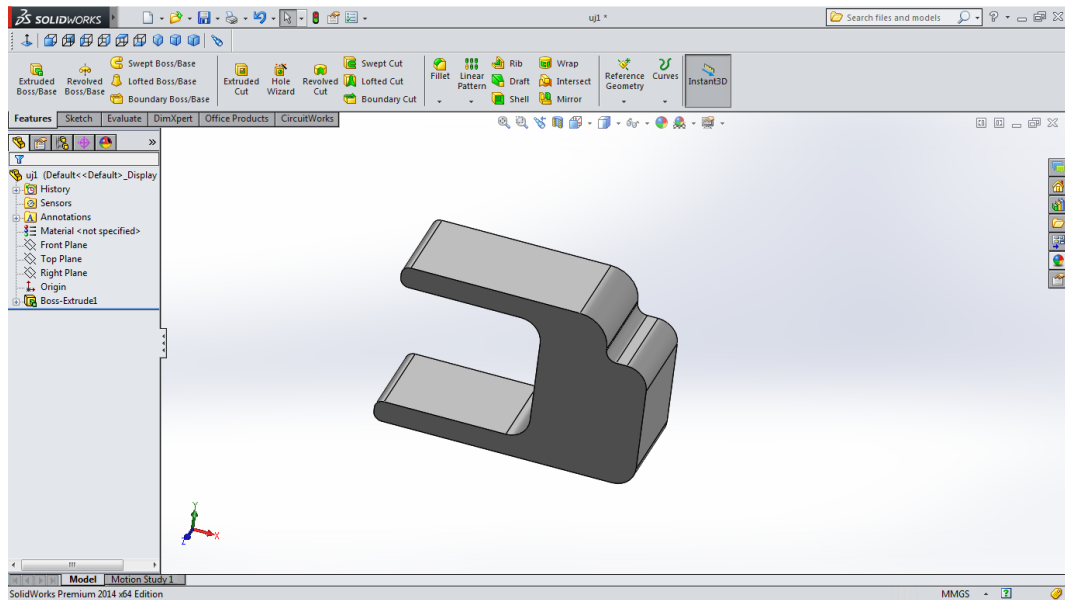
Gambar 4.7 *Universal joint/spider 60 %*



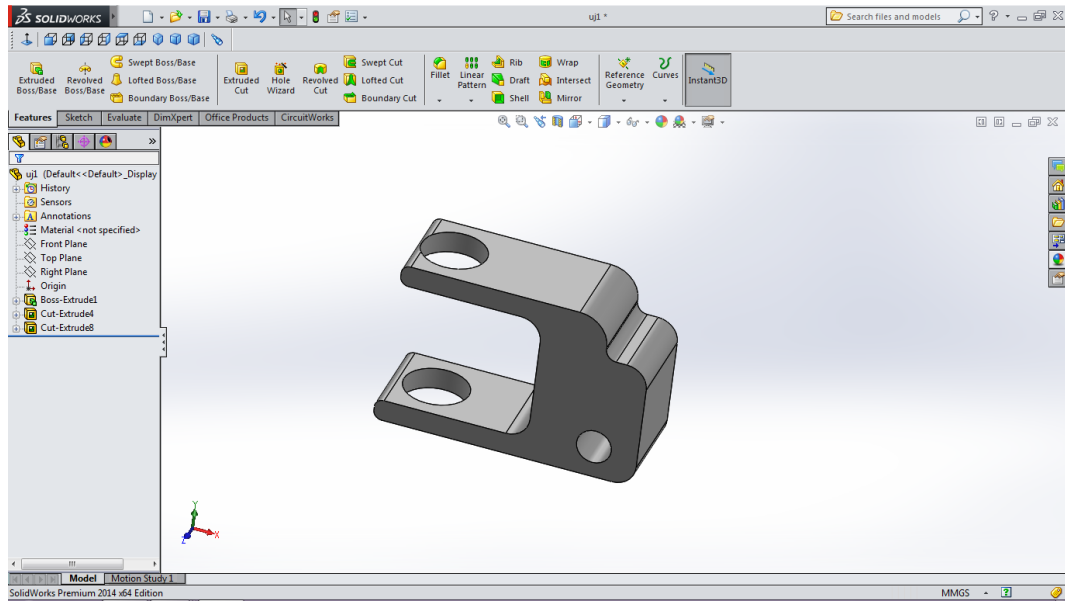
Gambar 4.8 *Universal joint/spider* 100 %

d. Garpu penghubung/*yoke*

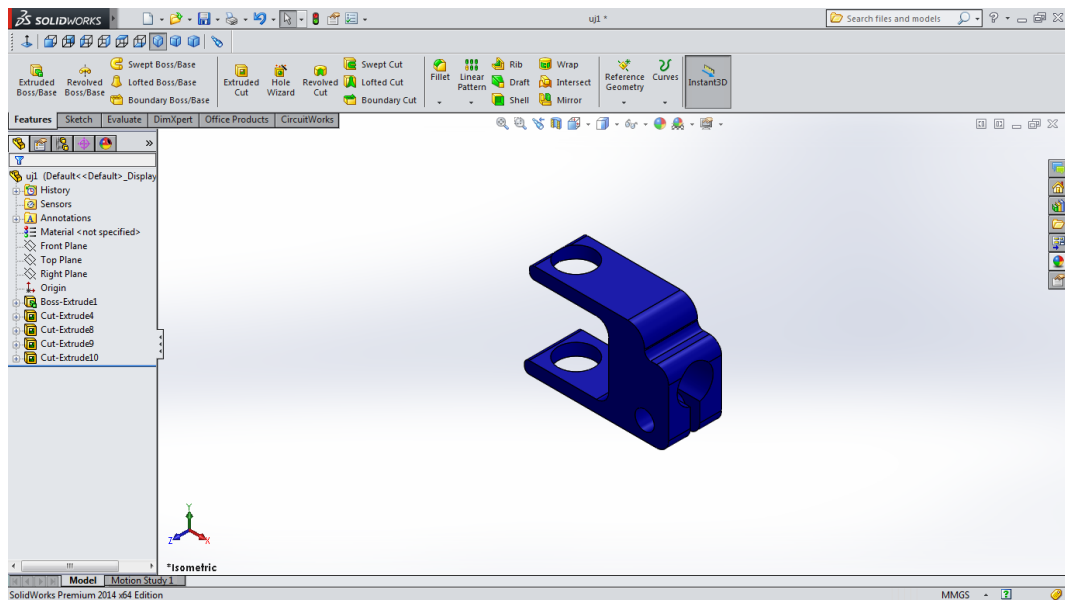
Desain garpu penghubung/*yoke*, ada dua buah, dengan ukuran panjang 60 mm dan tebal 22 mm. Terdapat lubang untuk batang kemudi dengan kedalaman 25 mm dan berdiameter 15 mm, Dan terdapat lubang baut berdiameter 8 mm dan kedalaman 22 mm, dapat dilihat pada gambar 4.9, gambar 4.10, dan gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.9 Garpu penghubung/*yoke* 30%



Gambar 4.10 Garpu penghubung/yoke 60%

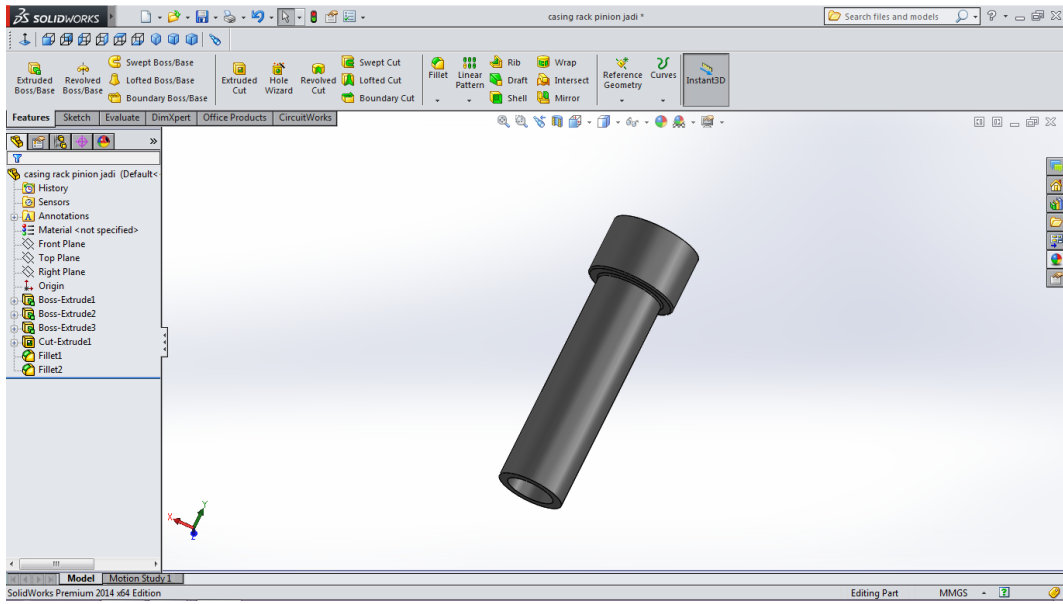


Gambar 4.11 Garpu penghubung/yoke 100%

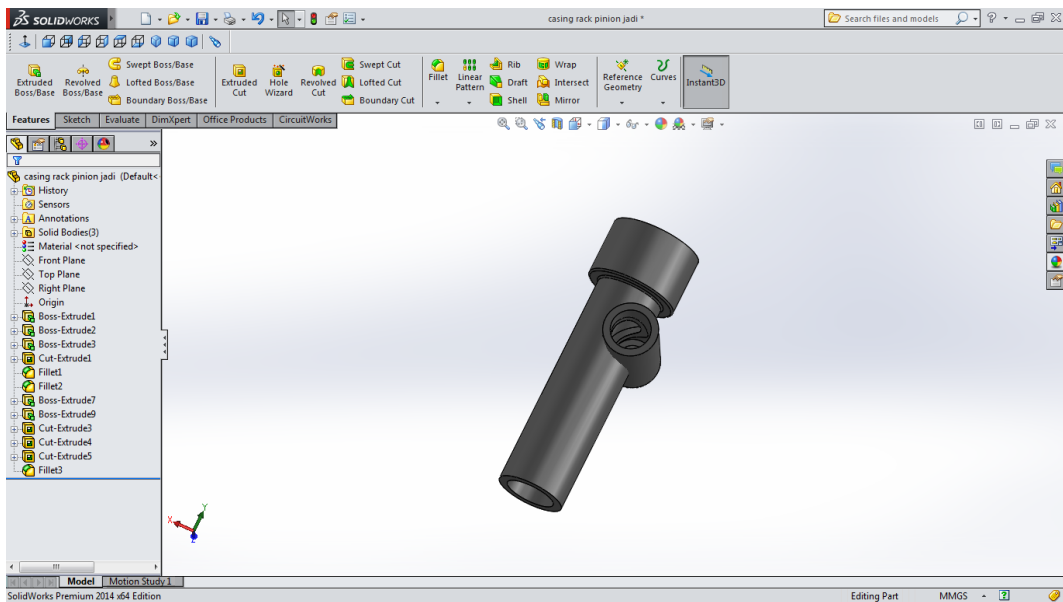
e. *Casing steering rack pinion*

Desain *steering rack*, rumah *rack* memiliki panjang 202 mm berdiameter luar 40 mm dan diameter dalam 29 mm. Rumah *pinion* memiliki tinggi 36 mm, berdiameter dalam 23 mm dan berdiameter luar 54 mm dengan tinggi 70 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.12, gambar 4.13, dan gambar 4.14 dibawah ini.

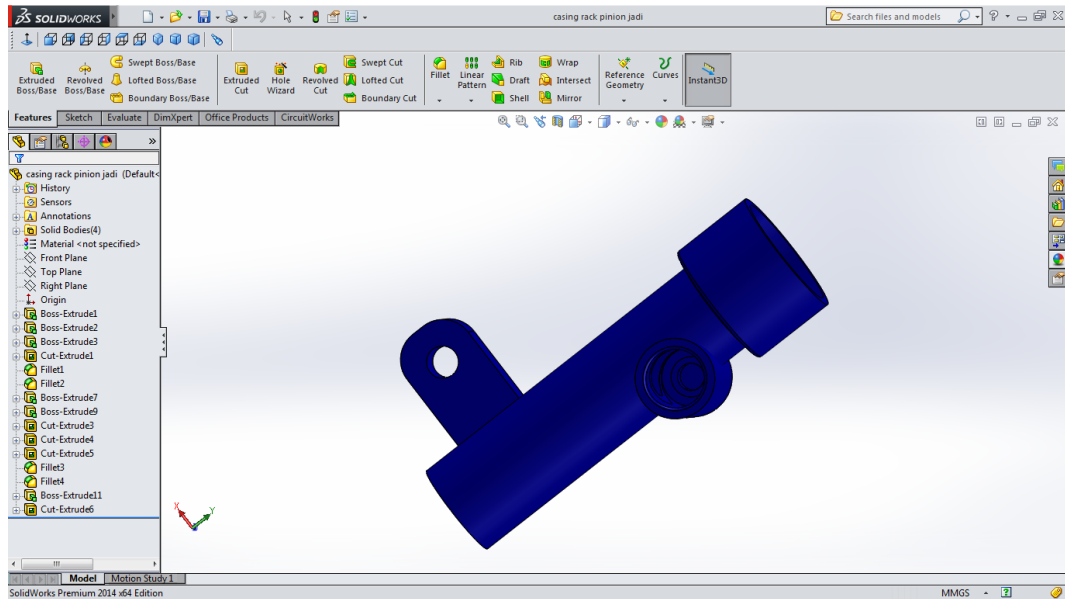




Gambar 4.12 Casing steering rack pinion 30%



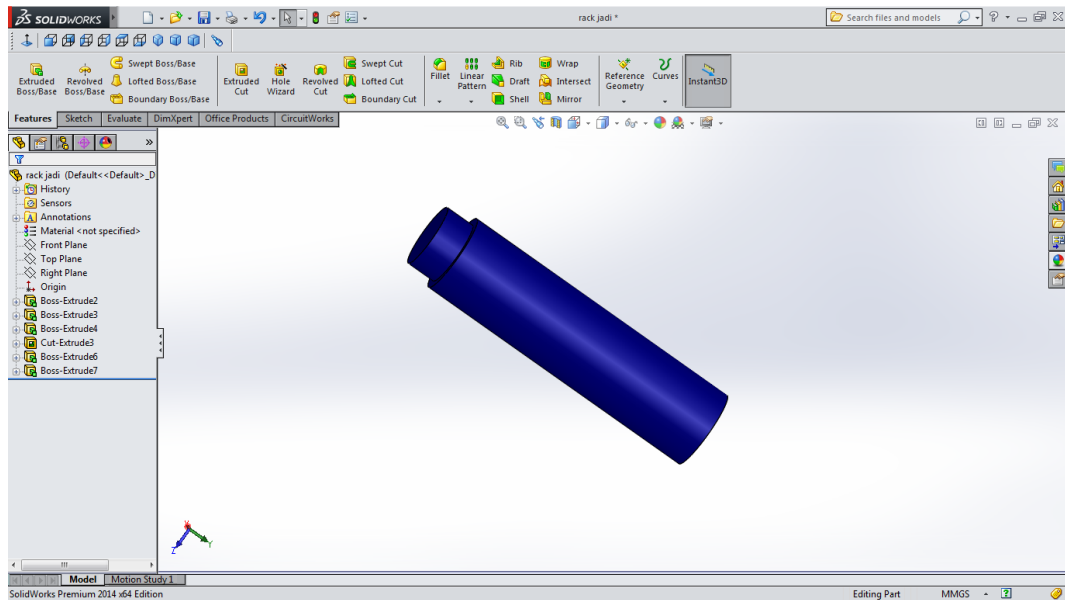
Gambar 4.13 Casing steering rack pinion 60%



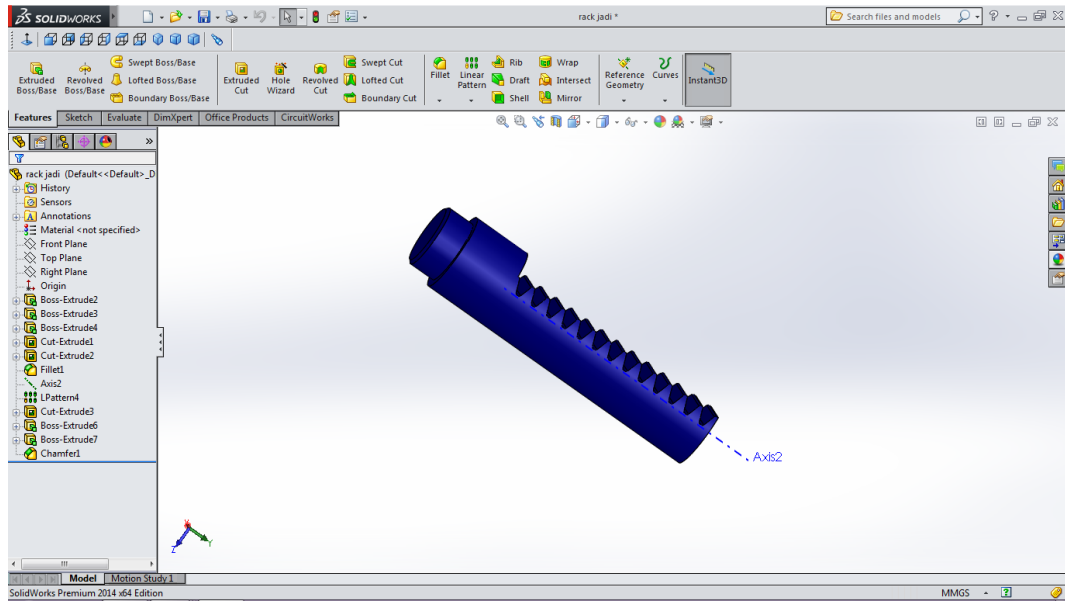
Gambar 4.14 Casing steering rack pinion 100%

f. Rack

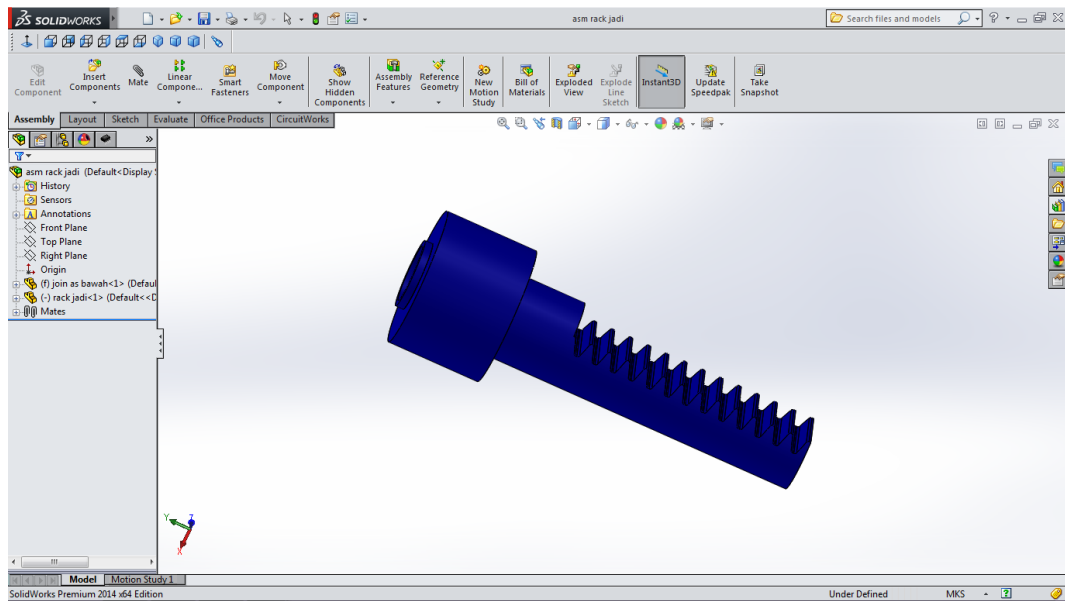
Desain rack memiliki panjang total 130 mm dan memiliki gigi sebanyak 13 buah, tinggi dan lebar gigi 5 mm dan lebar bagian atasnya 1,5 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.15, gambar 4.16, dan gambar 4.17 dibawah ini:



Gambar 4.15 Rack 30%



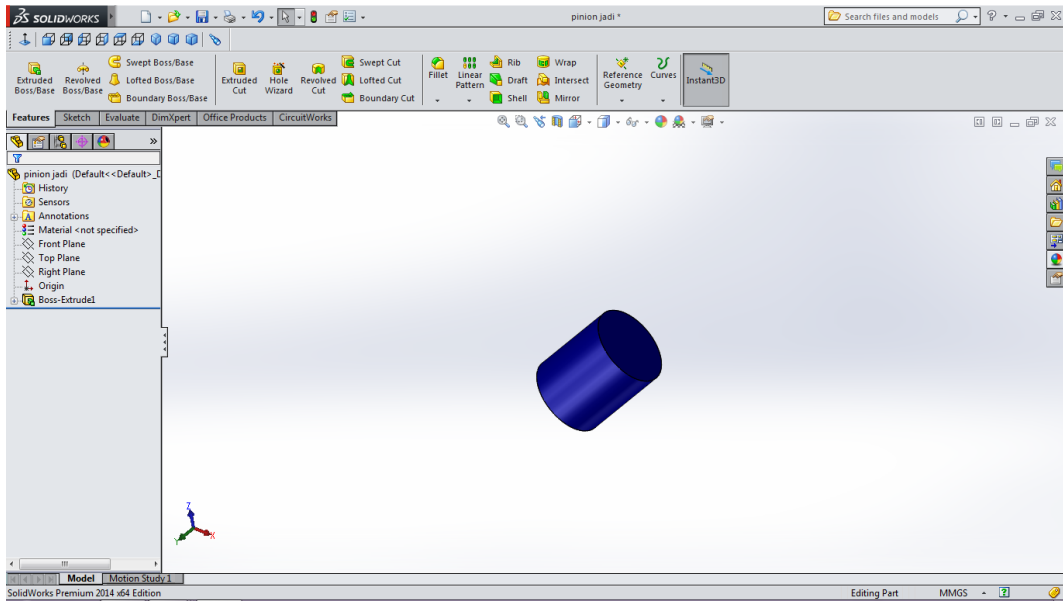
Gambar 4.16 Rack 60%



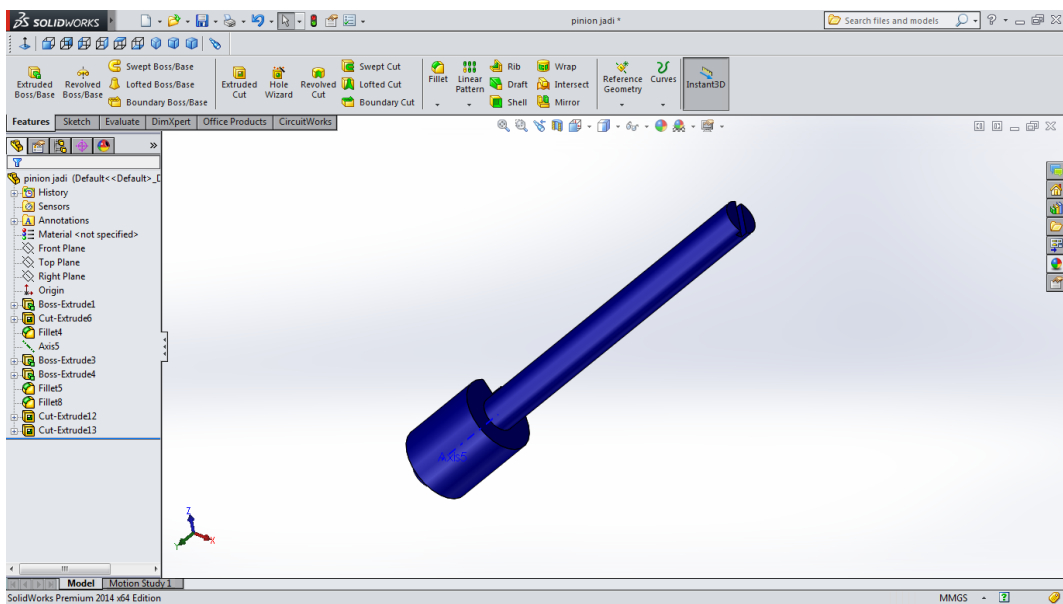
Gambar 4.17 Rack 100%

g. *Pinion*

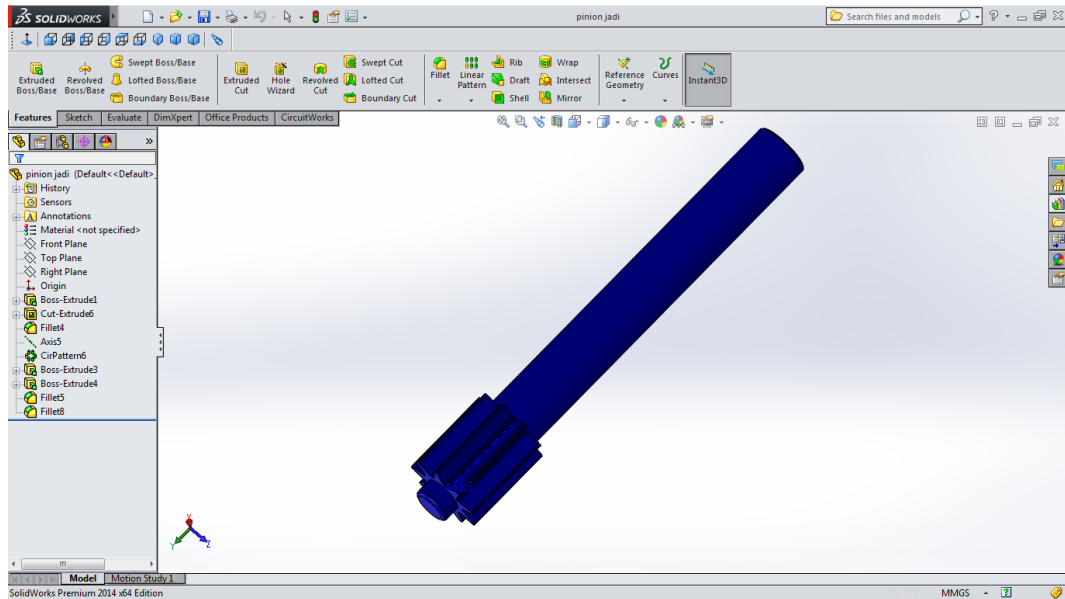
Desain *pinion* memiliki panjang poros 100 mm. dan memiliki *gear* berdiameter 22 mm tinggi 25 mm. dan poros paling bawah berdiameter 10 mm, dan tinggi 5 mm. Memiliki gigi sebanyak 9 buah. Dapat dilihat pada gambar 4.18, gambar 4.19, dan gambar 4.20 dibawah ini.



Gambar 4.18 Pinion 30%



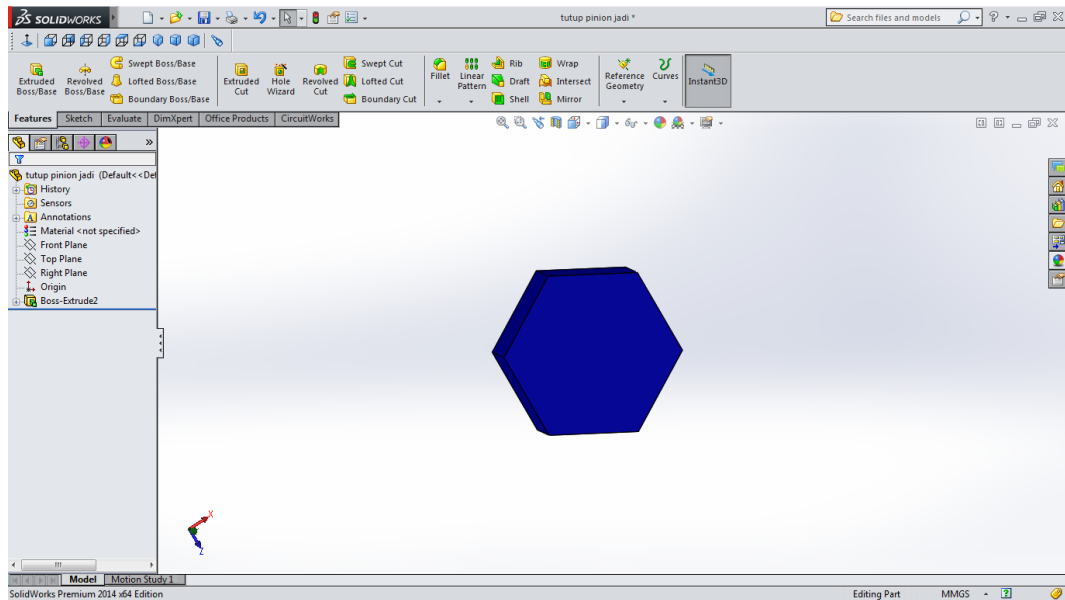
Gambar 4.19 Pinion 60%



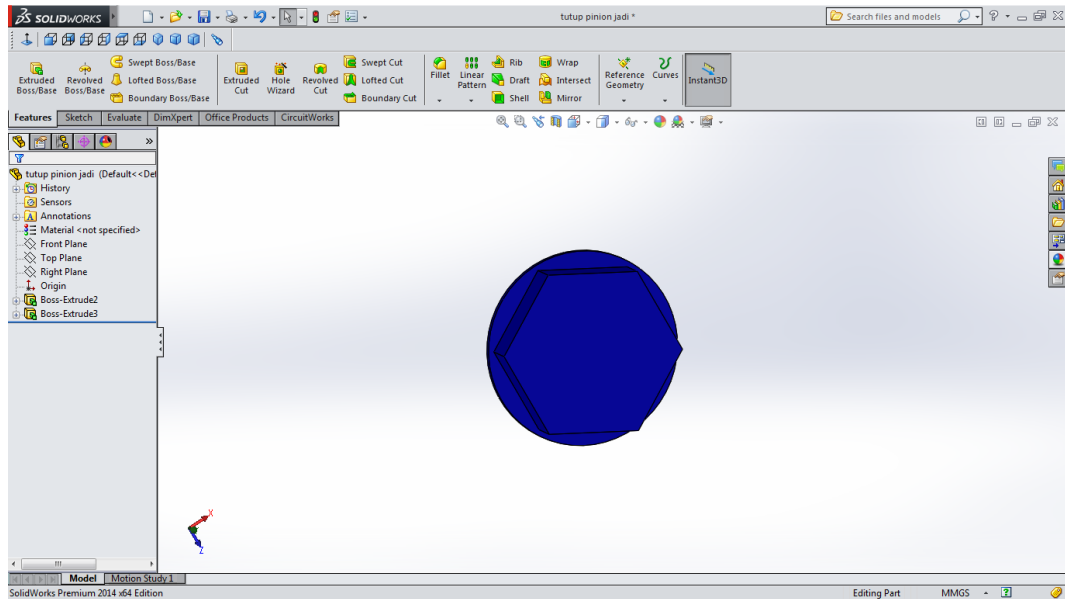
Gambar 4.20 *Pinion* 100%

h. Tutup *pinion*

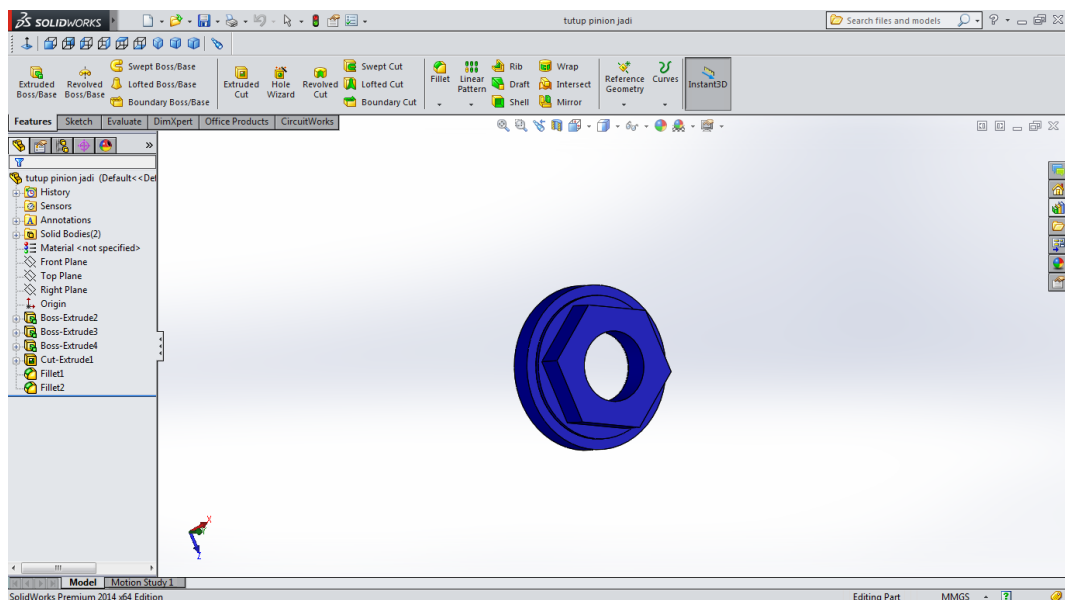
Desain tutup *pinion* memiliki segi enam dengan lebar 25 mm, dan tebal 7 mm, dan ditengahnya terdapat lubang untuk masuknya poros *pinion*, yang berdiameter 25 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.21, gambar 4.22, dan gambar 4.23 dibawah ini:



Gambar 4.21 Tutup *pinion* 30%



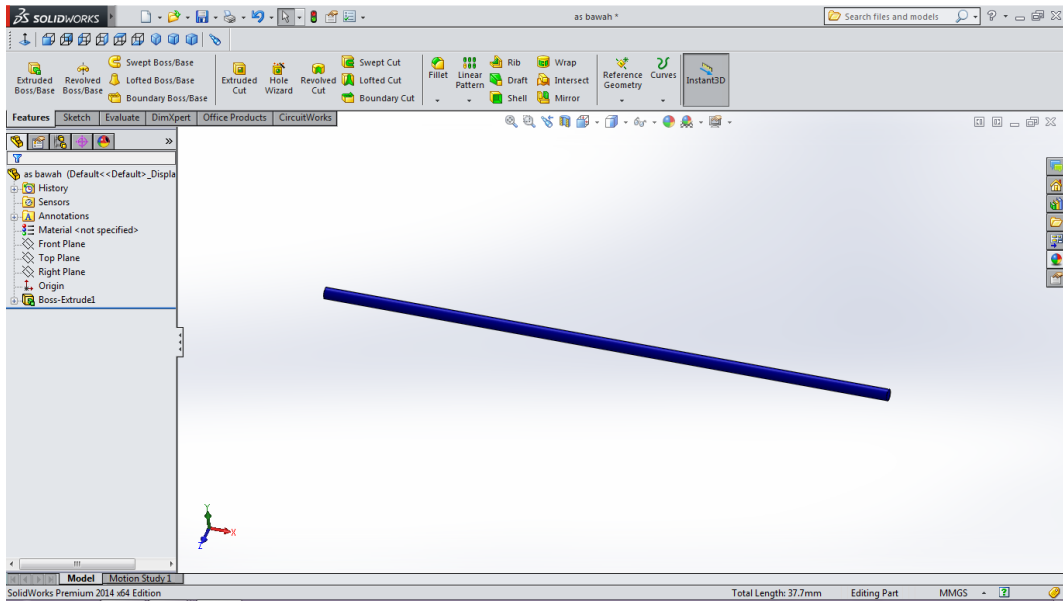
Gambar 4.22 Tutup *pinion* 60%



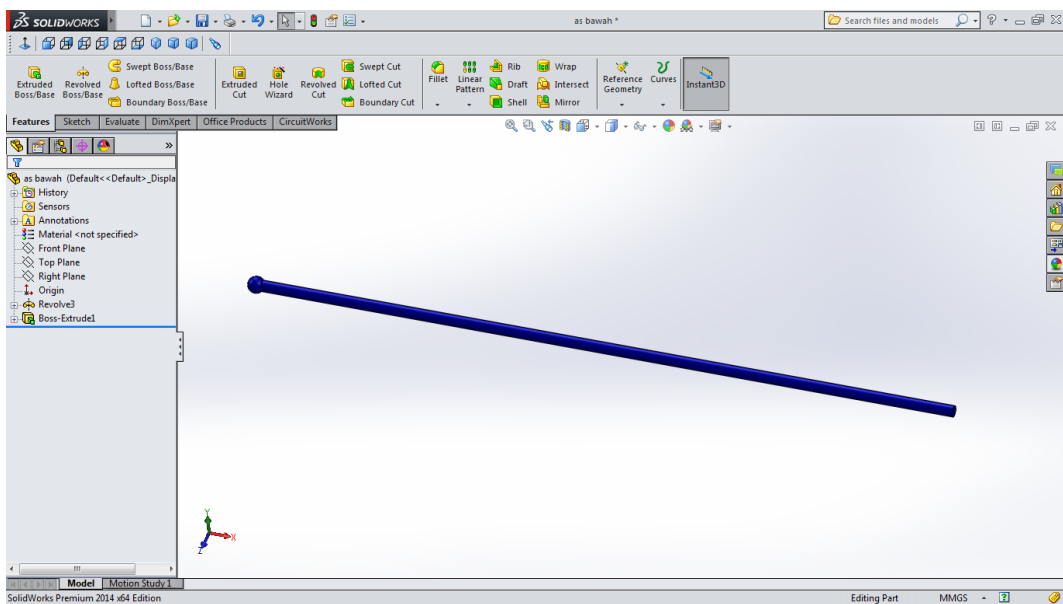
Gambar 4.23 Tutup *pinion* 100%

- i. *Tie rod* penghubung dari *rack* ke *kunkle arm*

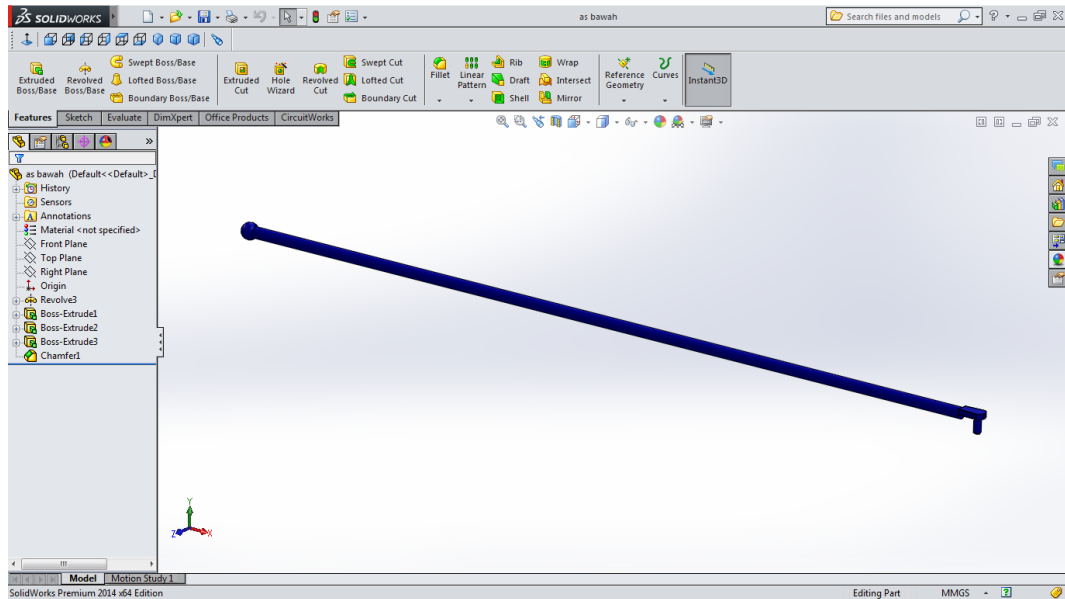
Desain *tie rod* dengan memiliki panjang 793 mm dan berdiameter 13 mm. Di ujung *tie rod* terdapat batang untuk penghubung ke *kunkle arm* dengan panjang 15 mm dan berdiameter 8 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.24, gambar 4.25, dan gambar 4.26 dibawah ini.



Gambar 4.24 Tie rod 30%



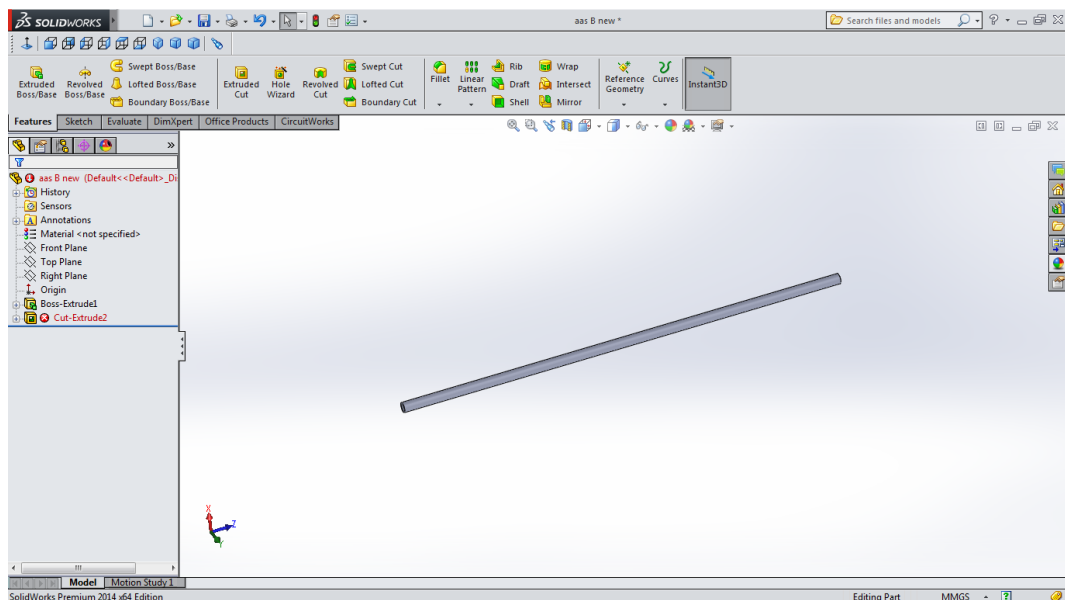
Gambar 4.25 Tie rod 60%



Gambar 4.26 Tie rod 100%

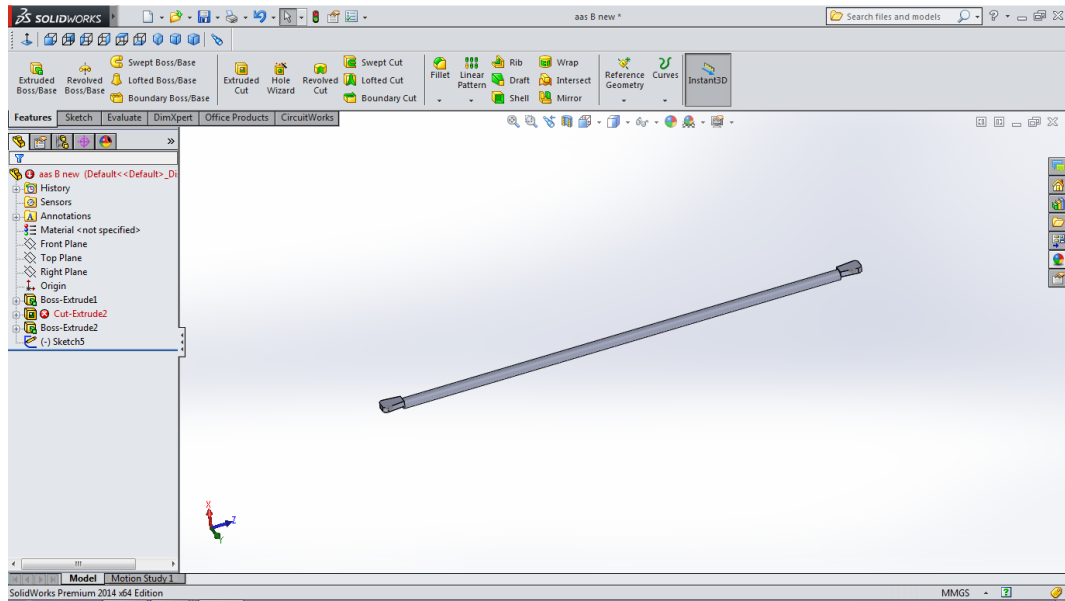
j. Tie rod penghubung antara kunkle arm

Desain poros penghubung *kunkle arm* memiliki panjang 565 mm berdiameter 13 mm, dan di setiap ujungnya memiliki batang penghubung ke *kunkle arm* dengan panjang 16 mm berdiameter 8 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.27, gambar 4.28, dan gambar 4.29 di bawah ini:

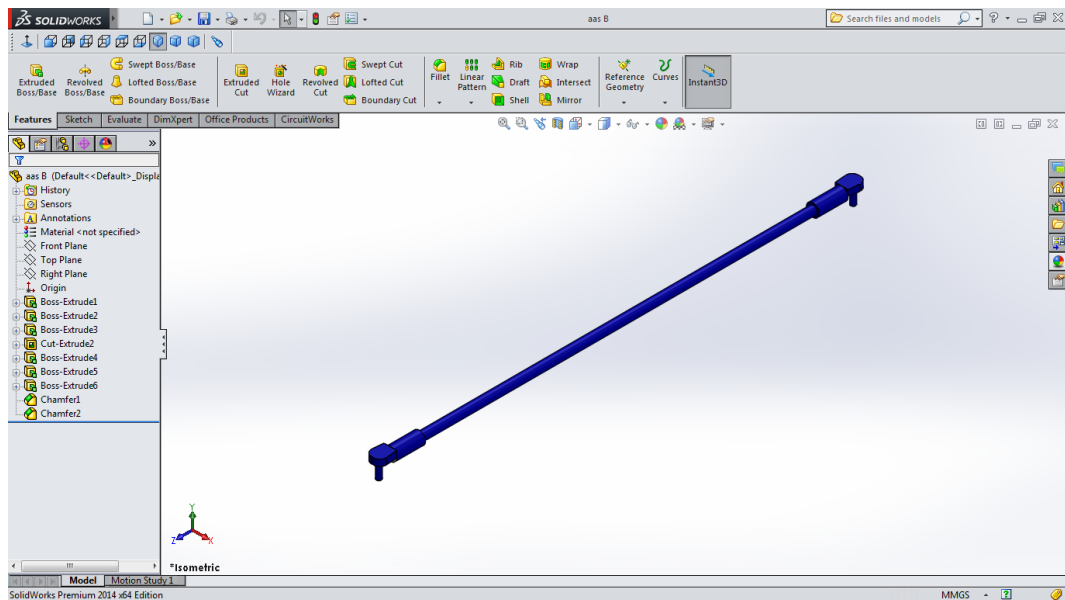


Gambar 4.27 Penghubung *kunkle arm* 30%





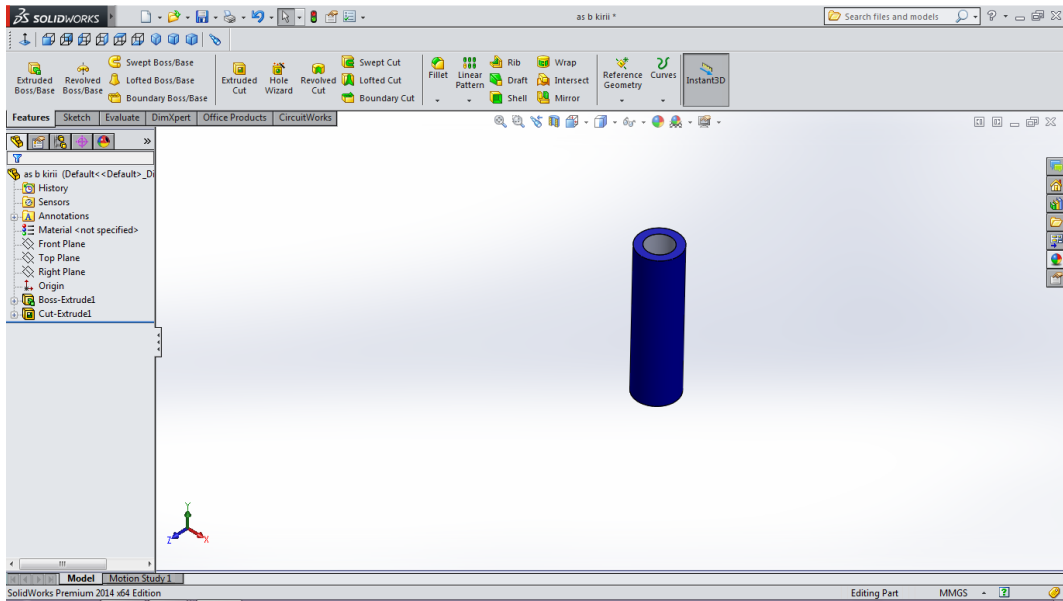
Gambar 4.28 Penghubung *kunkle arm* 60%



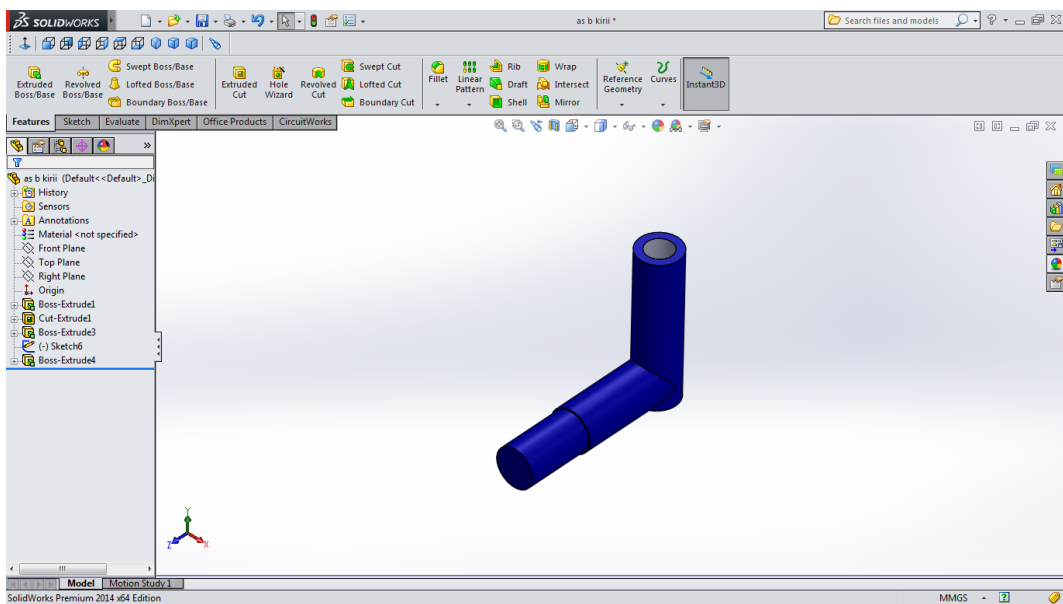
Gambar 4.29 Penghubung *kunkle arm* 100%

k. *Kunkle arm*

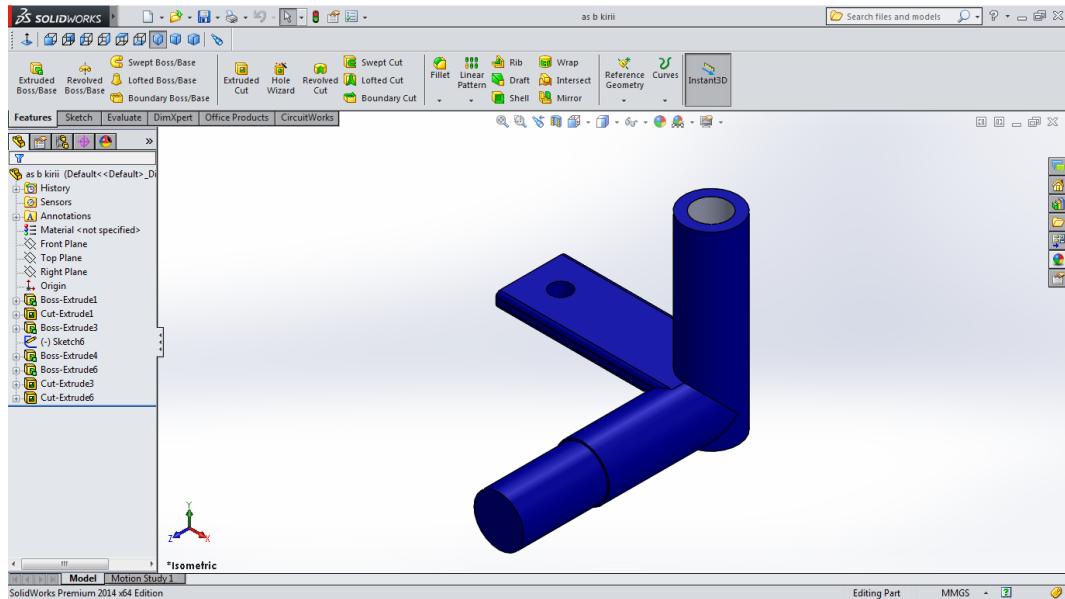
Desain *kunkle arm* memiliki tinggi 95 mm, berdiameter luar 27 dan diameter dalam 17 mm. Lebar 120 mm berdiameter 27 mm. Dapat dilihat pada gambar 4.30, gambar 4.31, dan gambar 4.32 dibawah ini.



Gambar 4.30 Kunkle arm 30%



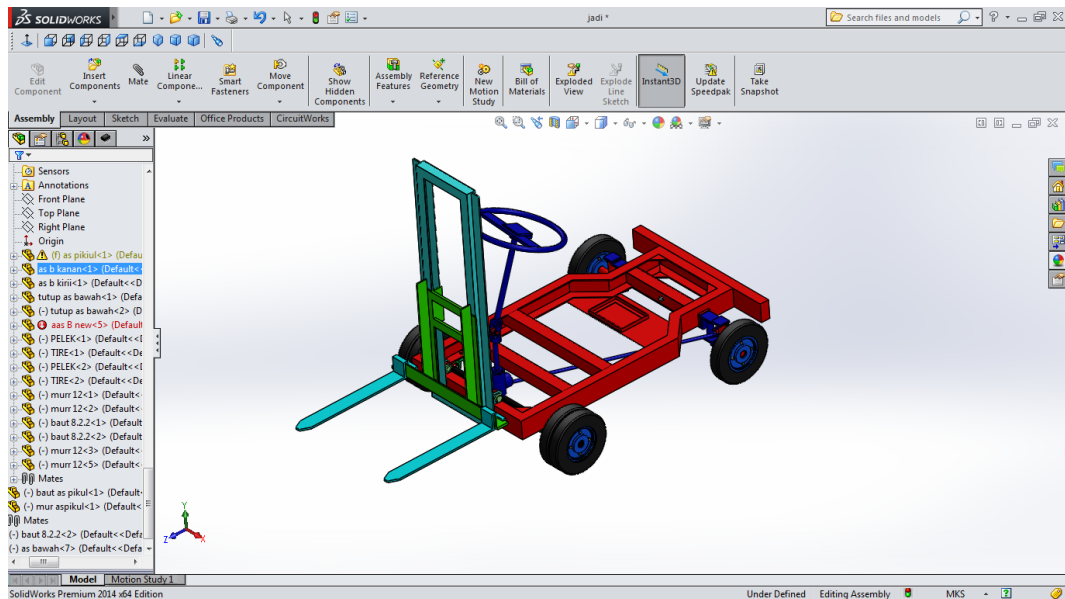
Gambar 4.31 Kunkle arm 60%



Gambar 4.32 Kunkle arm 100%

1. Desain sistem kemudi *forklift* mini.

Desain sistem kemudi yang telah dibuat dengan menggunakan *software solidworks 2014*, dapat dilihat pada gambar 4.33 dibawah ini.



Gambar 4.33 Desain sistem kemudi *forklift* mini.

m. Desain sistem kemudi *forklift* mini

Desain sistem kemudi *forklift* mini yang sudah dibangun dari hasil perancangan yang menggunakan aplikasi *solidworks 2014*. Dapat dilihat pada gambar 4.34 dibawah ini:

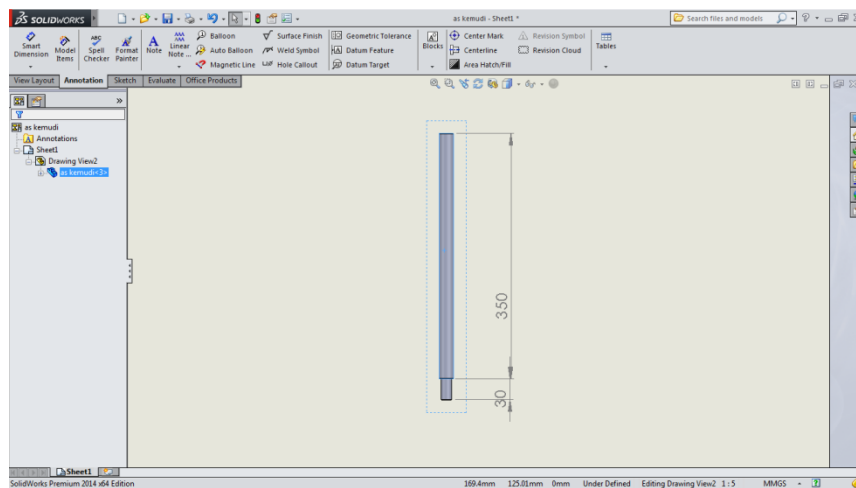


Gambar 4.34 Desain sistem kemudi *forklift* mini yang sudah dibangun.

#### 4.2 Analisa momen putar pada kemudi

1. Panjang lengan gaya/poros kemudi diukur menggunakan *solidworks*.

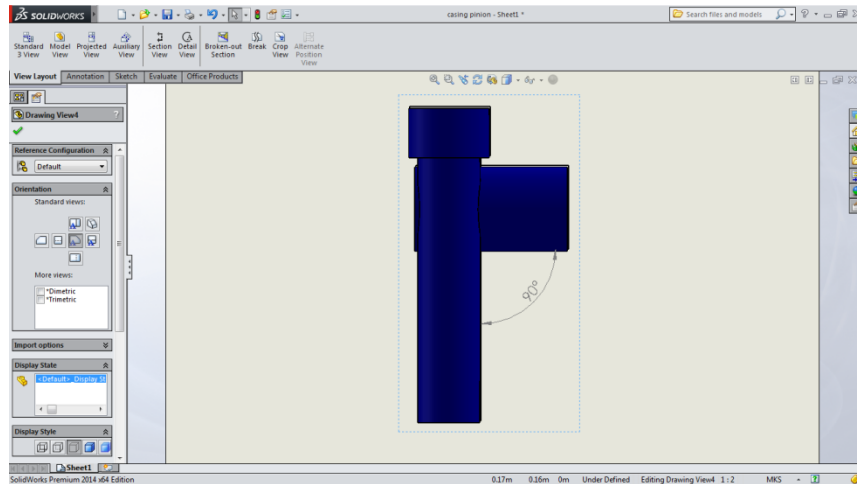
Dapat dilihat pada gambar 4.35 dibawah ini:



Gambar 4.35 Lengan gaya

2. Sudut antara lengan gaya kemudi diukur menggunakan *solidworks*.

Dapat dilihat pada gambar 4.36 dibawah ini:



Gambar 4.36 Sudut antara lengan gaya kemudi

- Kecepatan *forklift* menggunakan aplikasi digiHUD di *smartphone*.

Dapat dilihat pada gambar 4.37 dibawah ini:



Gambar 4.37 Kecepatan *forklift*

- Berat keseluruhan *forklift*, dan beban *driver*, menggunakan timbangan.

Dapat dilihat pada gambar 4.38, dan gambar 4.39 dibawah ini.



Gambar 4.38 Berat keseluruhan *forklift*



Gambar 4.39 Berat *driver*

Perhitungan pada rumus momen putar

1. Percobaan momen putar dengan beban 50 kg

Rumus momen  $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

Rumus perhitungan kecepatan  $a = \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$

Diketahui  $L = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$

$A = \sin 90^\circ$

$V = 20 \text{ km/jam} = 5,5 \text{ m/s}$  (diambil dari kecepatan rata rata *forklift* mini)

$M = 300 \text{ kg}$  (berat *forklift* mini, 235 kg+ 1 orang penumpang, 65 kg) + 50 kg (beban angkatan pada *fork*) = 350 kg

$$\begin{aligned}
 F &= m \cdot a \\
 &= m \cdot \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0} \\
 &= 350 \text{ kg} \cdot \left( \frac{5,5 - 0}{60 - 0} \right) \\
 &= 350 \text{ kg} \cdot 0,1 \text{ m/s}^2 \\
 &= 35 \text{ kg m/s}^2 = 35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$M = F \sin 90^\circ \cdot L$$

$$M = 35 \text{ N} \cdot 0,89 \cdot 0,65 \text{ m}$$

$$M = 20,24 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan *forklift* mini dengan beban pada *fork* 50 kg yaitu 20,24 N/m

2. Percobaan momen putar dengan beban 100 kg

Rumus momen  $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

Rumus perhitungan kecepatan  $a = \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$

Diketahui  $L = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$

$$A = \sin 90^\circ$$

$V = 20 \text{ km/jam} = 5,5 \text{ m/s}$  (diambil dari kecepatan rata rata *forklift* mini)

$M = 300 \text{ kg}$  (berat *forklift* mini, 235 kg+ 1 orang penumpang, 65 kg) + 100 kg (beban angkatan pada *fork*) = 400 kg

$$\begin{aligned}
 F &= m \cdot a \\
 &= m \cdot \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0} \\
 &= 400 \text{ kg} \cdot \left( \frac{5,5 - 0}{60 - 0} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 400 \text{ kg} \cdot 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$= 40 \text{ kg m/s}^2 = 40 \text{ N}$$

$$M = F \sin 90^\circ \cdot L$$

$$M = 40 \text{ N} \cdot 0,89 \cdot 0,65 \text{ m}$$

$$M = 23,14 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan *forklift* mini dengan beban pada *fork* 100 kg yaitu 23,14 N/m.

3. Percobaan momen putar dengan beban 150 kg

$$\text{Rumus momen } M = F \sin \alpha \cdot \ell$$

$$\text{Rumus perhitungan kecepatan } a = \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$$

$$\text{Diketahui } L = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$$

$$A = \sin 90^\circ$$

$$V = 20 \text{ km/jam} = 5,5 \text{ m/s (diambil dari kecepatan rata rata forklift mini)}$$

$$M = 300 \text{ kg (berat forklift mini, 235 kg+ 1 orang penumpang, 65 kg) + 150 kg (beban angkatan pada fork) = 450 \text{ kg}$$

$$F = m \cdot a$$

$$= m \cdot \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$$

$$= 450 \text{ kg} \cdot \left( \frac{5,5 - 0}{60 - 0} \right)$$

$$= 450 \text{ kg} \cdot 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$= 45 \text{ kg m/s}^2 = 45 \text{ N}$$

$$M = F \sin 90^\circ \cdot L$$

$$M = 45 \text{ N} \cdot 0,89 \cdot 0,65 \text{ m}$$

$$M = 26 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan *forklift* mini dengan beban pada *fork* 150 kg yaitu 26 N/m.

4. Percobaan momen putar dengan beban 200 kg



Rumus momen  $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

Rumus perhitungan kecepatan  $a = \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$

Diketahui  $L = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$

$$A = \sin 90^\circ$$

$V = 20 \text{ km/jam} = 5,5 \text{ m/s}$  (diambil dari kecepatan rata rata *forklift* mini)

$M = 300 \text{ kg}$  (berat *forklift* mini, 235 kg+ 1 orang penumpang, 65 kg) + 200 kg (beban angkatan pada *fork*) = 500 kg

$$F = m \cdot a$$

$$= m \cdot \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$$

$$= 500 \text{ kg} \cdot \left( \frac{5,5 - 0}{60 - 0} \right)$$

$$= 500 \text{ kg} \cdot 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$= 50 \text{ kg m/s}^2 = 50 \text{ N}$$

$$M = F \sin 90^\circ \cdot L$$

$$M = 50 \text{ N} \cdot 0,89 \cdot 0,65 \text{ m}$$

$$M = 29 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan *forklift* mini dengan beban pada *fork* 200 kg yaitu 29 N/m.

5. Percobaan momen putar dengan beban 250 kg

Rumus momen  $M = F \sin \alpha \cdot \ell$

Rumus perhitungan kecepatan  $a = \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$

Diketahui  $L = 65 \text{ cm} = 0,65 \text{ m}$

$$A = \sin 90^\circ$$

$V = 20 \text{ km/jam} = 5,5 \text{ m/s}$  (diambil dari kecepatan rata rata *forklift* mini)

$$M = 300 \text{ kg (berat forklift mini, 235 kg+ 1 orang penumpang, 65 kg) + 250 kg ( beban angkatan pada fork) = 500 kg}$$

$$F = m \cdot a$$

$$= m \cdot \frac{v^1 - v^0}{t^1 - t^0}$$

$$= 550 \text{ kg} \cdot \left( \frac{5,5 - 0}{60 - 0} \right)$$

$$= 550 \text{ kg} \cdot 0,1 \text{ m/s}^2$$

$$= 55 \text{ kg m/s}^2 = 55 \text{ N}$$

$$M = F \sin 90^\circ \cdot L$$

$$M = 55 \text{ N} \cdot 0,89 \cdot 0,65 \text{ m}$$

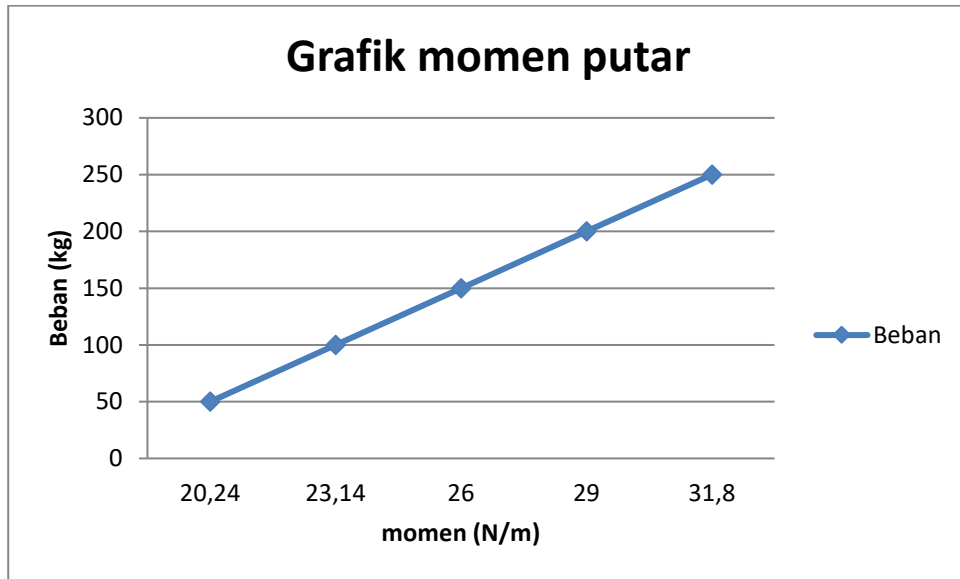
$$M = 31,8 \text{ Nm}$$

Jadi momen *steering* pada kendaraan *forklift* mini dengan beban pada *fork* 250 kg yaitu 31,8 N/m.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan momen putar kemudi *forklift* mini

No	Beban pada <i>fork</i> (kg)	Beban <i>forklift</i> + supir (kg)	Momen putar pada kemudi (N/m)
1	50	300	20,24
2	100	300	23,14
3	150	300	26
4	200	300	29
5	250	300	31,8

Momen putar dari kemudi *forklift* mini meningkat seiring dengan meningkatnya beban. Hal ini diakibatkan oleh penumpukan beban di pusat kemudi. Momen dihitung berdasarkan panjang kemudi dikalikan dengan massa beban. Dapat dilihat pada gambar 4.40 di bawah ini:



Gambar 4.40 Grafik momen putar kemudi *forklift* mini.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

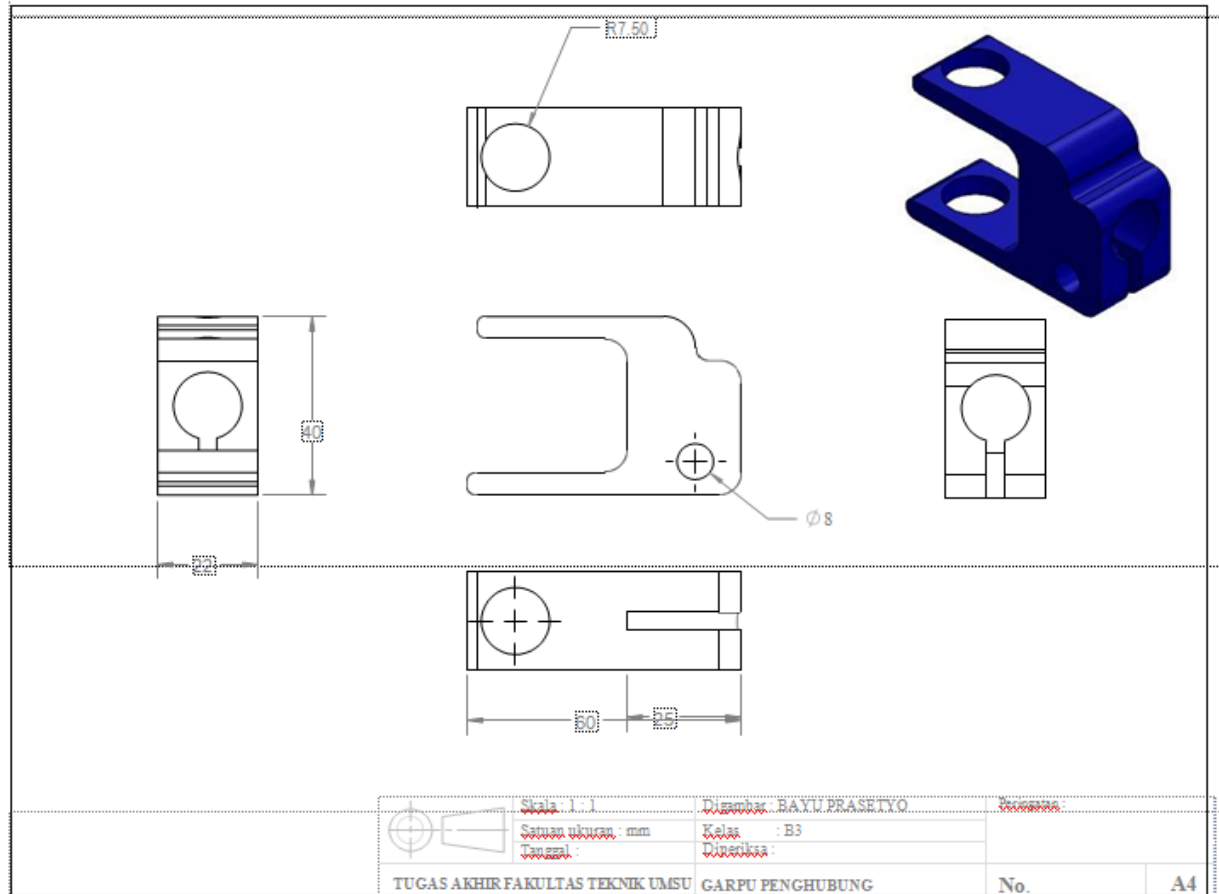
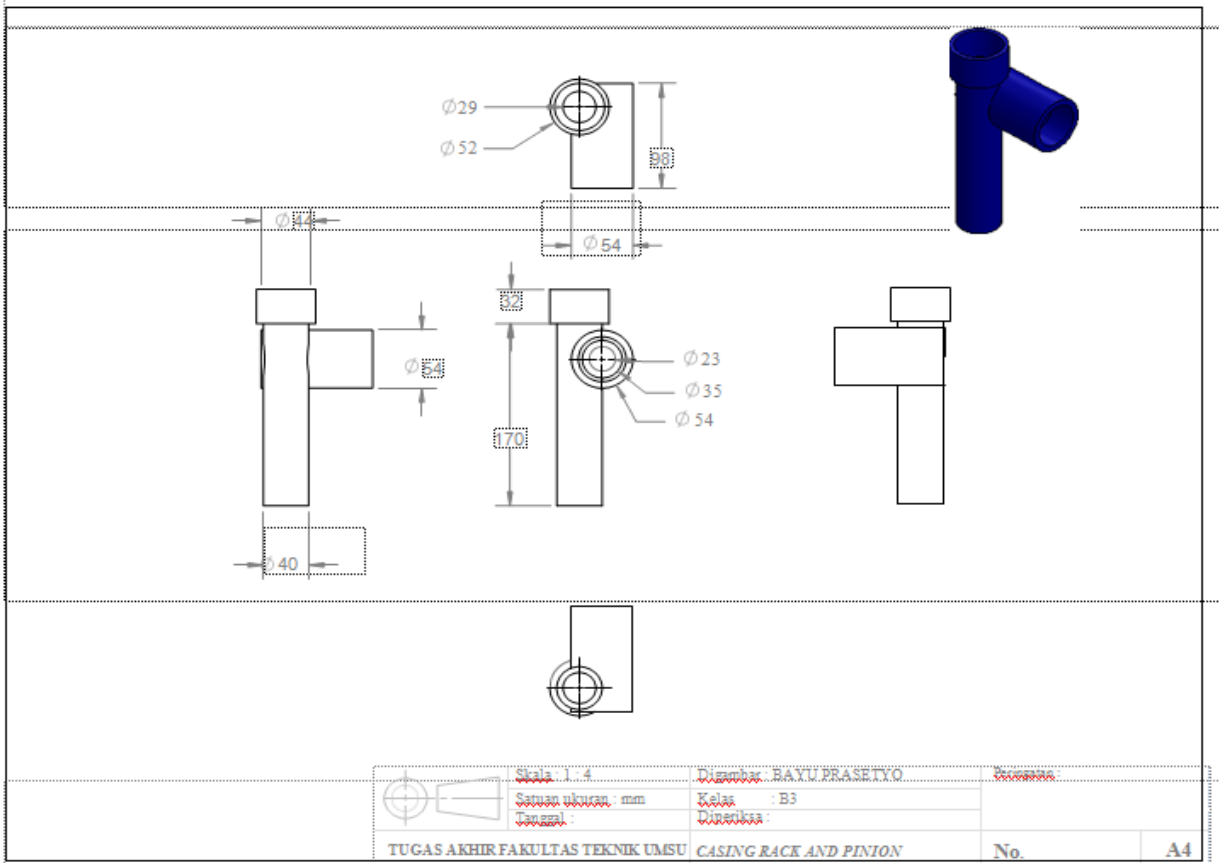
Berdasarkan pengambilan data dari perancangan sistem kemudi *forklift* mini kapasitas 200 kg dapat disimpulkan bahwa, perancangan sistem kemudi *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM), Berhasil dirancang dengan baik, dengan pengambilan data dari hasil perhitungan momen putar bahwa ada perbedaan momen kemudi pada saat penambahan beban pada *fork forklift*. Pada beban sebesar 50 kg ditambahkan dengan beban *forklift* dan supir 300 kg diperoleh hasil perhitungan momen dengan nilai 20,24 N/m. Pada hasil ini dapat diketahui bahwa momen pada kemudi masih ringan untuk diputar setirnya. Sedangkan pada beban pada *fork forklift* ditambah sebesar 250 kg ditambahkan lagi dengan beban *forklift* dan supir 300 kg diperoleh hasil perhitungan momen dengan nilai 31,8 N/m. Pada hasil ini dapat diketahui bahwa momen pada kemudi lebih berat untuk diputar setirnya. Hal ini terjadi karena adanya pengaruh beban yang berat pada kemudi karena adanya tambahan beban sehingga membuat momen pada *steering* semakin bertambah.

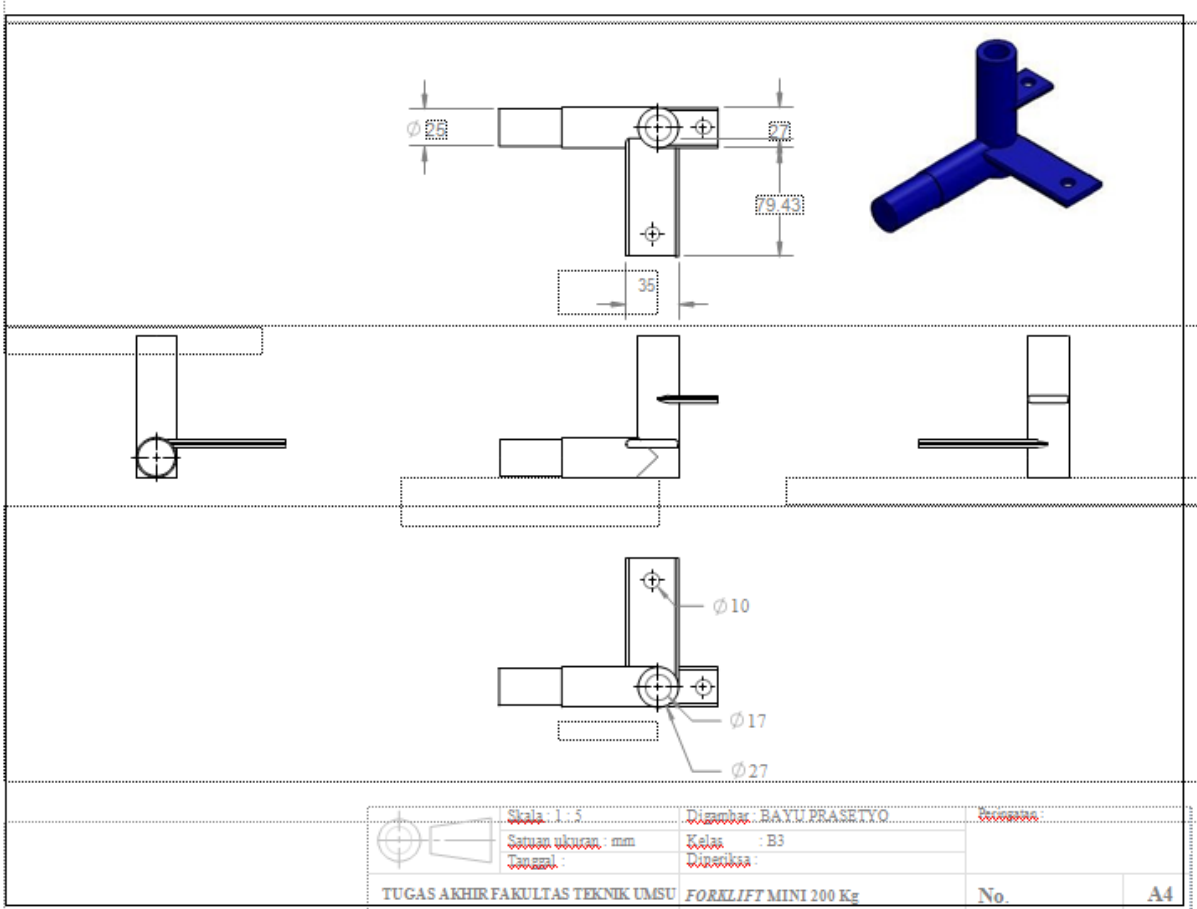
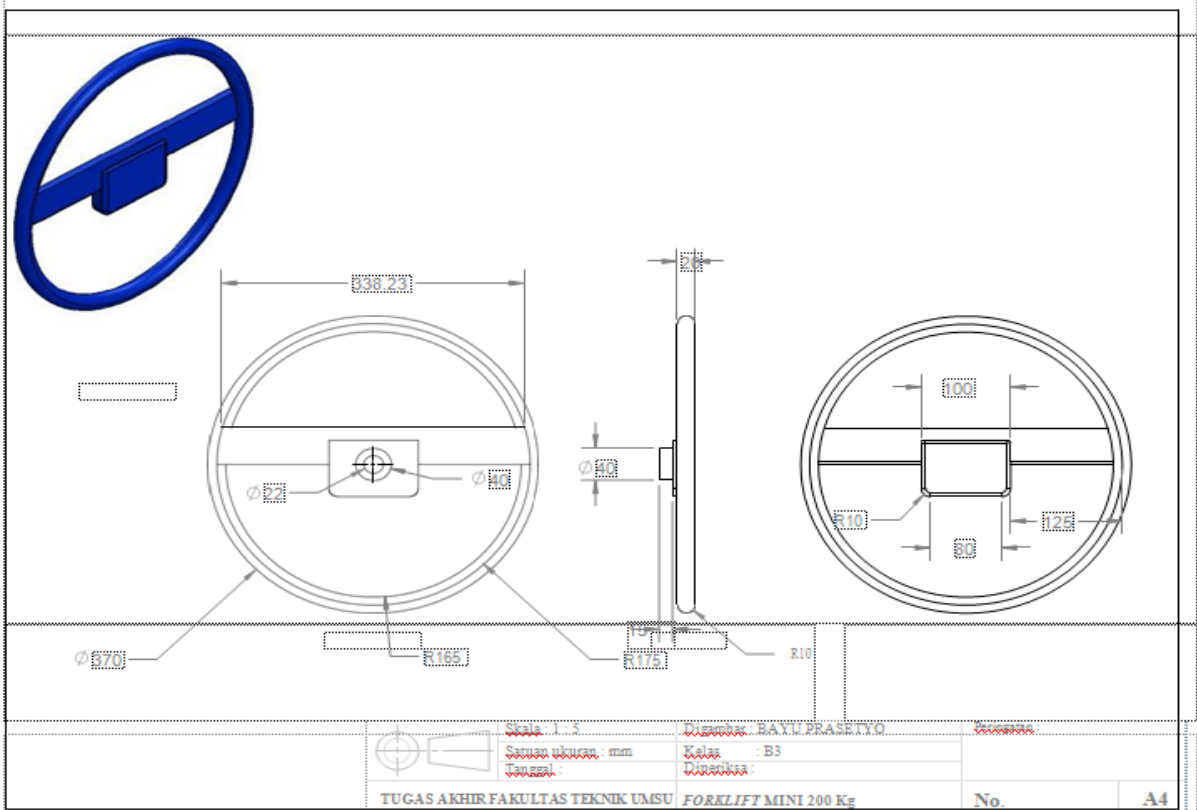
#### 5.2 Saran

Untuk pengembangan lebih lanjut, akan lebih baik jika menganalisa kesetabilan kendaraan dengan pengaruh sudut belok.

## DAFTAR PUSTAKA

- A Herdianto – mechanova.(2013) Perancangan Sistem Kemudi, Sistem Rem, Dan Roda *Urban City Car* Untuk Kompetisi *Urbanconcept Shell Eco-Marathon*, Surabaya: Universitas Kristen Petra
- Aryasepa.2007.*Poros,transmisi*.<http://xlusi.com/wp.content/uploads/2010/12/tr1.png> diunduh tanggal 04 april 2018
- A Suyono.(2013) Jurnal Teknik Mesin: rancang bangun sistem kemudi Manual pada mobil listrik, Surabaya : Universitas Negeri Surabaya
- Ir. Sularso, MSME dan Kyokatsu Suga, 1983, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, P.T. Pradya Paramitha Jakarta.
- KD Artika, R Syahyuniar, N Priono. (2017) Jurnal Elemen : Perancangan system kemudi manual pada mobil listrik, Kalimantan Selatan : Politeknik Negeri Tanah Laut
- Pengertian solidworks |Arif... [Http://arifsyamsudin.wordpress.com](http://arifsyamsudin.wordpress.com) > pe...  
Diakses pada 13 juli 2018
- Roberts. 2007. *Spindel*.<http://www.quad4x4.com/images/spindle%20kit.jpg>  
diunduh tanggal 04 april 2018
- Tony. 2011.*MurdanBaut*.[http://202.67.224.139/pdimage/10/2782710\\_murbaut.jpg](http://202.67.224.139/pdimage/10/2782710_murbaut.jpg)  
diunduh tanggal 04 april 2018
- Wagino. 2012. *Forklift*.<http://kerockan.blogspot.com/2012/01/mengenal-bagian-bagian-pada-pada-forklift.html> diunduh tanggal 04 april 2018





## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Perancangan Sistem Kemudi Pada Forklift Mini Kapasitas 200 Kg Untuk Usaha Kecil Menengah (Ukm)

Nama : Bayu Prasetyo  
NPM : 1407230180

Dosen Pembimbing 1 : Khairul Umurani, S.T., M.T

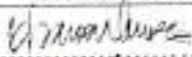
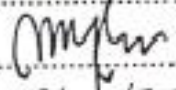
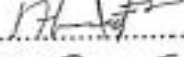

Dosen Pembimbing 2 : Muhammad Yani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	Jumat 7/12/18	- <del>Pembelian</del> Perbaiki Spesifikasi Tugas	k
	Rabu 12/12/18	- Perbaiki bab 1 pendahuluan	k
	Senin 17/12/18	- Perbaiki Tujuan pustaka	k
	Sabtu 22/12/18	- Perbaiki Notasi	k
	Jumat 28/12/18	- lanjut ke pembimbing II	k
	Jum'at 4/1/19	- Perbaiki format, sesuaikan spasi, tabel, flow chart,	my
	Senin 7/1/19	- Tambahkam abstrak & daftar pustaka	my
	Jum'at 11/1/19	lanjut ke pembimbing I	my
		Ass, salam	k.



**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar  
 Nama : Bayu Prasetyo  
 NPM : 1407230180  
 Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Kemudi Pada Forklift Mini Kapasitas 200 Kg Untuk Usaha Kecil Menengah ( UKM)

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	: 
Pembimbing – II	: M.Yani.S.T.M.T	: 
Pembanding – I	: Ahmad Marabdi Srg.ST.MT	: 
Pembanding – II	: Bekti Suroso.S.T.M.Eng	: 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 04 Jum. Akhir 1440 H  
 04 Februari 2019 M

Ketua Prodi. T Mesin  
  
 Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Bayu Prasetyo  
NPM : 1407230180  
Judul T.Akhir : Perancangan Sistem Kemudi Pada Forklift Mini kapasitas 200 Kg  
Untuk Usaha Kecil menengah ( UKM)

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

...*① Lihat hasil koreksi dari Tugas Akhir*.....

...*② Ihufi saran dan masukan dari pembanding II*.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan 04 Jum.Akhir 1440H

04 Februari 2019 M



Dosen Pembanding- I



Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Bayu Prasetyo  
NPM : 1407230180  
Judul T.Akhir : Perancangan Sistem Kemudi Pada Forklift Mini kapasitas 200 Kg  
Untuk Usaha Kecil menengah ( UKM)

Dosen Pembimbing - I : Khairul Umurani.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : Bekti Suroso.S.T.M.Eng

KEPUTUSAN

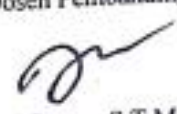
1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*lihat pada naskah tugas akhir*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

Medan 04 Jum. Akhir 1440H  
04 Februari 2019 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin  
  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- II  
  
Bekti Suroso.S.T.M.Eng

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Nama : Bayu Prasetyo  
Npm : 1407230180  
Tempat / Tanggal Lahir : Medan, 17 Januari 1996  
Jenis Kelamin : Laki – Laki  
Agama : Islam  
Status : Belum Menikah  
Alamat : Dusun VII Jl Johar Raya

Kel / Desa : Pematang Johar  
Kecamatan : Labuhan deli  
Kabupaten : Deli Serdang  
Provinsi : Sumatera Utara

No. HP : 082275154190  
Email : prasyobayu024@gmail.com

Nama Orang Tua  
Ayah : Warsono  
Ibu : Sri Astuti

### PENDIDIKAN FORMAL

2002 – 2008 : SD PAB 27  
2008 – 2011 : SMP HARAPAN MEKAR  
2011 – 2014 : SMK NEGERI 12 MEDAN  
2014 – 2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara