

TUGAS AKHIR
PERANCANGAN KONSTRUKSI 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:

AHMAD RIFAI
1407230278



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : AHMAD RIFAI
NPM : 1407230278
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Perancangan Konstruksi 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, 12 Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



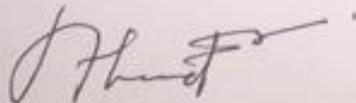
Sudirman Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji II



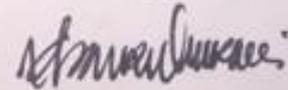
Bekti Suroso, S.T., M.Eng

Dosen Penguji III

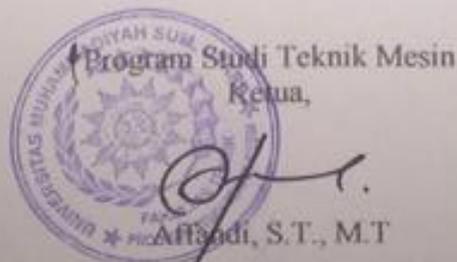


Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Khairul Umurani, S.T., M.T



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ahmad Rifai
Tempat / Tanggal Lahir : Padang Sidempuan / 04 April 1994
NPM : 1407230278
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

“Perancangan Konstruksi 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, 12 Maret 2019

Saya yang menyatakan,



Ahmad Rifai

ABSTRAK

Forklift sekarang ini banyak dibutuhkan perusahaan untuk pengoperasian pemindahan barang digudang. Setiap perusahaan besar seperti perusahaan manufaktur hampir secara keseluruhan memiliki *forklift*. Namun pada saat ini kebutuhan dari *forklift* jelas terlihat pada bidang usaha kecil menengah (UKM), seperti swalayan tradisional untuk memindahkan barang dagangan yang akan diletakan digudang maupun untuk dijual, hal ini sangat memudahkan pedagang swalayan tradisional untuk memindahkan buah, sayur, beras, kotak ayam dan sebagainya. Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mendesain konstruksi *forklift* mini dan melakukan analisa simulasi ketahanan konstruksi *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM). Bagian-bagian konstruksi yang akan dirancang yaitu, rangka(*chassis*),*mast*, *carriage*, *fork*, *overhead guard*, *counter weight*, poros depan dan poros belakang, yang didesain menggunakan *software Solidworks2014*, yang mempunyai ukuran panjang keseluruhan *forklift* 1.756,29 mm, lebar 870 mm dan tinggi 1.263 mm, dengan jarak sumbu roda depan 827 mm dan roda belakang 790 mm. Pengujian ketahanan konstruksi *forklift* ini dilakukan dengan menganalisa pemberian beban statis, yang diuji menggunakan perangkat lunak *Ansys Workbench 15.0*. Material bahan yang digunakan dalam pengujian ialah baja struktural, yang didapat nilai terbesar dari pengujiannya, dengan pemberian beban 3000 N pada rangka (*chassis*)didapat nilainya, yaitu total *deformation Max*= 0,11205 mm, *equivalent stress Max*= 28,348 Mpa, *equivalent elastic strain Max*= 0,0001611 mm,dan pada bagian *lift* mendapat beban 2000 N, yaitu total *deformation Max*= 4,4463 mm, *equivalent stress Max*= 147,87 Mpa dan *equivalent elastic strain Max*= 0,00074043 mm. Dengan melihat hasil nilai dari simulasi tersebut, maka konstruksi *forklift* mini bisa dilakukan pembuatan dan aman untuk dioperasikan.

Kata kunci : *Forklift*, konstruksi, total *deformasi*, *equivalent stress*, *equivalent elastic strain*.

ABSTRACT

Forklifts are currently needed by many companies for moving goods operations in warehouse. Every large company like a manufacturing company almost entirely owns a forklift. But at present the needs of forklifts are clearly visible in the field of small and medium enterprises (SMEs), such as traditional supermarkets for moving merchandise to be put in warehouses or for sale, this greatly facilitates traditional supermarkets to move fruit, vegetables, rice, chicken boxes etc. The writing of this paper aims to design a mini forklift construction design and carry out a simulation analysis of the durability of a mini-forklift construction capacity of 200 kg for small and medium enterprises (SMEs). The construction parts that will be designed are, chasiss, mast, carriage, fork, overhead guard, counter weight, front axle and rear axle, which are designed using Solidworks 2014 software, which has a total length of 1.756,29 mm forklift , 870 mm wide and 1.263 mm high, with a front wheelbase of 827 mm and a rear wheel of 790 mm. The forklift construction durability testing is done by analyzing static loading, which was tested using Ansys Workbench 15.0 software. The material used in the test is structural steel, which obtained the greatest value from the test, by giving a 3000 N load to the chasiss, the total deformation Max = 0,11205 mm, equivalent stress Max = 28,348 Mpa, equivalent elastic strain Max = 0,0001611 mm, and in the elevator section it gets a load of 2000 N, namely total deformation Max = 4,4463 mm, equivalent stress Max = 147,87 Mpa and equivalent elastic strain Max = 0,00074043 mm. By looking at the results of the simulation, the construction of a mini forklift can be made and safe to operate.

Keywords: Forklifts, construction, total deformation, equivalent stress, equivalent elastic strain.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah Subhaanahu Wa ta'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 Konstruksi 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.

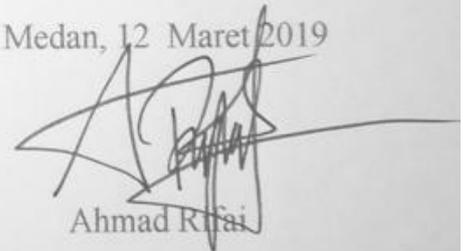
Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kep ada:

1. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Bakti Suroso, S.T., 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 selaku 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 ke teknik mesin kepada penulis.
7. Orang tua penulis: Rajito dan Tumirah, yang selalu memberikan semangat dan kasih sayang yang tiada henti-hentinya dan selalu berdoa kepada penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Bayu prasetyo, Yudistira Suganda, M.Rizky Riadi, Afri Yuda, Eko Saigabe yang merupakan rekan satu team pembuatan alat penelitian ini yang tidak pernah berhenti memberikan masukan serta kerja sama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Raisyah ikhwana, yang selalu membantu dan memberikan semangat 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, 12 Maret 2019



Ahmad Rifai

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	2
1.6. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Defenisi <i>Forklift</i>	4
2.2. Jenis-jenis <i>Forklift</i>	5
2.3. Bagian Utama <i>Forklift</i>	7
2.4. Prinsip Kerja <i>Forklift</i> Secara Umum	10
2.5. Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan	10
2.6. Gambar Teknik	11
2.7. Desain	12
2.8. Analisa Numerik	14
2.9. Teori Elemen Hingga	14
2.9.1. Penggunaan metode elemen hingga (<i>finite element method</i>)	15
2.9.2. <i>Analysis static linear</i>	15
2.10. Defleksi	16
2.11. Notasi Matrix	16
2.12. <i>Ansys</i>	16
2.13. <i>Software Solidworks</i>	18
2.14. Kekakuan Rangka Batang Bidang (<i>plane truss</i>)	19
2.15. Transformasi Sumbu	20
BAB 3 METODE PERANCANGAN	22
3.1 Tempat dan Waktu	22
3.1.1 Tempat	22
3.1.2 Waktu	22
3.2 Diagram Alir	23
3.3 Alat Perancangan	24

3.3.1.	Laptop	24
3.3.2.	<i>Software solidworks</i>	24
3.4	Tahap Awal Pengerjaan Perancangan	25
3.4.1	Membuka aplikasi <i>solidworks</i>	25
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	Hasil Desain Konstruksi <i>Forklift</i> Mini	32
4.2	Analisa Numerik Pada Konstruksi	42
4.3	Simulasi Menggunakan <i>Ansys Workbench 15.0</i>	42
4.3.1	Memulai simulasi	42
4.3.2	<i>Meshing</i>	42
4.3.3	<i>Analysis</i> model	42
4.3.4	Hasil simulasi <i>structural steel</i> pembebanan 5000 N	44
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN	48
5.1.	Kesimpulan	48
5.2.	Saran	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	
	LEMBAR ASISTENSI	
	DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu penelitian

22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	<i>Forklift</i>	5
Gambar 2.2.	<i>Forklift reach truck</i>	5
Gambar 2.3.	<i>Forklift electric</i>	6
Gambar 2.4.	<i>Forklift diesel</i>	6
Gambar 2.5.	<i>Forklift gasoline</i>	7
Gambar 2.6.	Bagian utama <i>forklift</i>	7
Gambar 2.7.	<i>Fork</i>	8
Gambar 2.8.	<i>Carriage</i>	8
Gambar 2.9.	<i>Mast</i>	9
Gambar 2.10.	<i>Overhead guard</i>	9
Gambar 2.11.	<i>Counterweight</i>	10
Gambar 2.12.	Transformasi sumbu kratesian	21
Gambar 3.1.	Diagram alir	23
Gambar 3.2.	Laptop	24
Gambar 3.3.	Menekan tombol <i>power</i>	25
Gambar 3.4.	Klik aplikasi <i>solidworks</i>	25
Gambar 3.5.	Proses <i>loading</i> membuka aplikasi <i>solidworks</i>	26
Gambar 3.6.	Menu awal <i>solidworks</i>	26
Gambar 3.7.	Tampilan menu <i>new document</i>	27
Gambar 3.8.	Tampilan jendela kerja <i>solidworks</i> 2014	27
Gambar 3.9.	Mengatur satuan ukuran	28
Gambar 3.10.	Mengklik menu <i>sketch</i>	28
Gambar 3.11.	Tampilan <i>plane</i> yang akan digunakan	29
Gambar 3.12.	Tampilan <i>front plane</i>	29
Gambar 3.13.	Membuat garis bantu (<i>center line</i>)	30
Gambar 3.14.	Memberikan ukuran pada garis bantu	30
Gambar 3.15.	Melakukan proses desain kontruksi	31
Gambar 4.1.	Desain rangka (<i>chassis</i>) pandangan atas	32
Gambar 4.2.	Desain rangka (<i>chassis</i>) pandangan samping	33
Gambar 4.3.	Desain <i>mast</i> pandangan depan	33
Gambar 4.4.	Desain <i>mast</i> pandangan samping	34
Gambar 4.5.	Desain <i>mast</i> pandangan atas	34
Gambar 4.6.	Desain <i>mast</i> pandangan dimetric	35
Gambar 4.7.	Desain <i>carriage</i> pandangan atas	35
Gambar 4.8.	Desain <i>carriage</i> pandangan belakang	36
Gambar 4.9.	Desain <i>carriage</i> pandangan depan	36
Gambar 4.10.	Desain <i>carriage</i> pandangan samping	37
Gambar 4.11.	Desain <i>fork</i> pandangan depan	37
Gambar 4.12.	Desain <i>fork</i> pandangan samping	38
Gambar 4.13.	Desain poros roda belakang pandangan depan	38
Gambar 4.14.	Desain poros roda belakang pandangan samping	39
Gambar 4.15.	Desain poros roda depan pandangan <i>dimetric</i>	39
Gambar 4.16.	Desain <i>overhead guard</i> pandangan <i>dimetric</i>	40
Gambar 4.17.	Desain <i>counter weight</i> pandangan <i>dimetric</i>	40

Gambar 4.18.	Desain konstruksi penerima beban utama yang telah dirakit menggunakan <i>software solidworks 2014</i>	41
Gambar 4.19.	Hasil desain <i>forklift</i> mini kapasitas 200 kg	41
Gambar 4.20.	Hasil <i>meshing</i>	42
Gambar 4.21.	Pemberian tumpuan	43
Gambar 4.22.	Pemberian beban (<i>force</i>) 5000 N	43
Gambar 4.23.	Total <i>deformation</i> konstruksi rangka (<i>chassis</i>)	44
Gambar 4.24.	<i>Equivalent stress</i> akibat pembebanan	45
Gambar 4.25.	<i>Equivalent elastic strain</i> akibat pembebanan	45
Gambar 4.26.	Total <i>deformation</i> konstruksi <i>lift</i>	46
Gambar 4.27.	<i>Equivalent stress lift</i> akibat pembebanan	47
Gambar 4.28.	<i>Equivalent elastic strain lift</i> akibat pembebanan	47

DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
σ	Tegangan tarik	Newton
e	Regangan tarik	Newton
Y	<i>Modulus young</i>	N/m ²
x	Sumbu batang	-
x, y	Sistem koordinat lokal (<i>element</i>)	-
u_i	<i>Displacement</i> aksial pada titik nodal i	-
v_i	<i>Displacement</i> arah tegak lurus sumbu batang pada noda i	-
f_i	Gaya aksial pada titik nodal i yang sesuai dengan u_i	-
g_i	Gaya tegak lurus sumbu batang pada titik noda i yang sesuai dengan v_i	-
A	Luas tampang batang	mm
E	<i>Modulus</i> elastitas batang	Newton
L	Panjang batang	mm
f_i	Vektor gaya dalam sistem koordinat lokal	-
k_i	Matrix kekakuan elemen <i>plane truss</i> dalam sistem koordinat lokal	-
d_i	Vektor <i>displacement</i> ddalam sistem koordinat lokal	-

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*, setiap gudang setidaknya memiliki satu *forklift*. Namun pada saat ini kebutuhan dari *forklift* jelas terlihat pada bidang usaha kecil menengah (UKM), seperti swalayan tradisional untuk memindahkan barang dagangan yang akan diletakan digudang maupun untuk dijual. Hal ini sangat memudahkan pedagang swalayan tradisional untuk memindahkan buah, sayur, beras, kotak ayam dan sebagainya. Saat ini harga *forklift* terbilang sangat mahal bagi kalangan usaha kecil menengah, terdesak dari hal tersebut manusia berusaha menciptakan *forklift* dengan skala kecil. Dengan penggunaan alat ini diharapkan dapat mengurangi biaya operasional pemindahan barang pada usaha kecil menengah.

Ada banyak alat angkat yang fungsinya sama dengan *forklift*, tetapi dengan adanya *forklift* skala kecil, dapat memberikan manfaat bagi semua kalangan usaha kecil menengah maupun kalangan perusahaan besar, yang apabila perusahaan besar memiliki jalur kecil dan pintu masuk gudang yang berukuran kecil dapat dilalui oleh *forklift* dengan skala kecil.

Forklift memiliki banyak komponen pendukung. Komponen tersebut dirancang sehingga fungsi tiap komponen saling berkaitan. Keterkaitan tiap komponen ini harus memiliki sebuah penompang utama yang disebut sebagai konstruksi rangka (*chassis*).

Dalam tugas akhir ini penulis akan menciptakan desain perancangan konstruksi *forklift*, yang nanti hasilnya akan dibangun dan dapat digunakan pada usaha kecil menengah, khususnya pada bidang usaha toko, maka penulis akan membahas tentang bagian yang paling utama dari *forklift* mini yaitu, perancangan konstruksi *forklift* mini dengan judul “Perancangan konstruksi Pada *Forklift* Mini Kapasitas 200 kg Untuk Usaha Kecil Menengah (UKM)”. Alasan penulis memilih judul ini ialah bagaimana merancang konstruksi yang tepat dan dapat diaplikasikan untuk *forklift* mini. Penulis mengharapkan agar konstruksi ini benar-

benar dapat berkerja sesuai dengan harapan. Dengan proyek tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua kalangan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah bagaimana merancang sebuah konstruksi *forklift* dan melakukan analisa dengan bantuan *Software Ansys Workbanch 15.0* sehingga aman untuk digunakan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam perancangan konstruksi pada *forklift* mini kapasitas 200 kg yang direncanakan masih banyak yang tidak dihitung dengan ideal, sehingga batasan masalah yang dibatasi ialah :

1. Konstruksi pada perancangan ini akan dirancang sedekat mungkin dengan konstruksi *forklift* yang ada di pasaran.
2. Beban yang diterima konstruksi *forklift* adalah beban mesin, beban komponen-komponen pendukung, beban barang yang di angkat *forklift* dan beban pengemudi *forklift*.
3. Beban yang terjadi pada struktur konstruksi *forklift* adalah beban statis.

1.4 Tujuan

Merujuk kepada hal yang telah dibahas pada bagian rumusan masalah dan batasan masalah sebelumnya, maka tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Merancang desain konstruksi *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM).
2. Melakukan analisa konstruksi pada *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah menggunakan *Software Ansys Workbanch 15.0* pada total *deformation*, *equivalent stress* dan *equivalent elastic strain* yang terjadi akibat pembebanan statis.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dan diharapkan dari penyusun tugas akhir ini adalah:

1. Mengaplikasikan teori kedalam praktek langsung dengan membuat *forklift* mini kapasitas 200 kg untuk usaha kecil menengah (UKM).

2. Konsep rekayasa ini dapat dijadikan referensi pada perancangan konstruksi sederhana lainnya.
3. Perancangan konstruksi sederhana pada *forklift* mini ini, dapat dijadikan sebagai latihan bagi mahasiswa dalam mengembangkan kreatifitas dalam perencanaan yang melibatkan penelitian dan pengembangan dibidang keteknik mesin dalam pencapaian SDM yang berkualitas dan professional.

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 tentang pengertian dan juga prinsip kerja dari *forklift*. Diperoleh dari berbagai referensi yang dijadikan landasan dan rujukan dalam pelaksanaan proses perancangan *forklift* mini kapasitas 200 kg.
3. BAB 3 : Metode penelitian, berisikan tentang alat – alat dan bahan serta proses pengujian yang digunakan untuk konstruksi *forklift* mini kapasitas 200 kg.
4. BAB 4 : Hasil dan pembahasan, berisikan tentang hasil pengujian pada konstruksi *forklift* mini kapasitas 200 kg.
5. BAB 5 : Kesimpulan dan saran, berisikan penjelasan singkat secara garis besar dari hasil pengujian konstruksi *forklift* mini kapasitas 200 kg.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi *Forklift*

Forklift adalah angkutan barang dengan menggunakan paling sedikit dua moda angkutan yang berbeda atas dasar satu kontrak sebagai dokumen angkutan multimoda dari satu tempat diterimanya barang oleh badan usaha angkutan multimoda kesuatu tempat yang ditentukan untuk penyerahan barang kepada penerima barang angkutan multimoda. Sementara *OECD* mendefinisikan angkutan multimoda sebagai “*Movement of goods (in one and the same loading unit or a vehicle) by successive modes of transport without handling of the goods themselves when changing modes*” atau kalau diterjemahkan sebagai pergerakan barang (dalam satu unit muatan atau kendaraan) dengan moda dengan berbagai moda tanpa penanganan barang itu sendiri pada saat perpindahan moda. (Rahmawati Ati, 2016)

Forklift disebut juga sebagai suatu kendaraan yang menggunakan dua *fork* yang dipasang pada mast untuk mengangkat, menurunkan dan memindahkan suatu benda dari suatu tempat ke tempat yang lain. *Forklift* umumnya terbagi dalam dua kategori yaitu untuk medan industri dan kasar. *Forklift* umum digunakan dalam gudang rumah dan di sekitar dermaga truk dan kereta. Mereka memiliki ban kecil yang dirancang untuk berjalan pada permukaan aspal dan biasanya didukung oleh sebuah mesin pembakaran internal yang berbahan bakar bensin, solar, atau bahan bakar propana. Beberapa *forklift* industri kecil yang didukung oleh sebuah motor listrik berjalan dari baterai internal. *Forklift* medan kasar, seperti namanya, dirancang untuk berjalan pada kasar, permukaan beraspal. *Forklift* medan kasar memiliki sebuah menara vertikal, yang mengangkat beban lurus ke atas, atau ledakan teleskopis, yang mengangkat beban dan keluar dari dasar mesin. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah ini salah satu contoh dari *forklift*.



Gambar 2.1. *Forklift*

Forklift awal digunakan di sekitar lokasi konstruksi dan bisa mengangkat sekitar 1.000 pon (454 kg) hingga ketinggian 30 inci (76 cm). Perkembangan pesat dari *forklift* menara vertikal untuk keperluan industri disesuaikan dengan *forklift* medan kasar juga. Pada pertengahan 1950-an, kapasitas dari 2.500 pound (1.135 kg) dan tinggi angkat hingga 30 kaki (9 m) yang tersedia. (Wagino, 2012)

2.2 Jenis – jenis *Forklift*

Berikut beberapa jenis *forklift* yang beredar dipasaran, yaitu:

1. *Forklift reach truck*

Forklift ini berfungsi untuk memindahkan beban berkapasitas besar sekaligus mampu diangkat dalam proses penataan di atas rak-rak tinggi. Memiliki kapasitas hingga 2 ton, dengan tinggi angkat hingga 8,5 meter. Jenis *forklift reach truck* dapat dilihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2. *Forklift reach truck*

2. *Forklift electric*

Jenis *forklift electric* (pada gambar 2.3) dibawah ini, digunakan sebagai alat angkut dalam pemindahan barang berkapasitas besar baik *indoor* maupun *outdoor*, termasuk dalam kegiatan bongkar muat barang di pelabuhan, pabrik, gudang, ekspedisi dll. Memiliki kapasitas hingga 5 ton dengan tinggi angkat hingga 6 meter.



Gambar 2.3. *Forklift electric*

3. *Forklift diesel*

Forklift ini merupakan kendaraan modern yang dilengkapi sistem canggih dengan kualitas yang baik. Mempunyai fungsi sebagai alat angkut untuk bongkar muat atau pemindahan beban yang sangat baik digunakan di *outdoor*. Memiliki kapasitas hingga 10 ton dengan tinggi angkat hingga 6 meter. Jenis *forklift diesel* diperlihatkan pada gambar 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.4. *Forklift diesel*

4. *Forklift gasoline*

Forklift gasoline (seperti pada gambar 2.5) merupakan kendaraan yang difungsikan untuk bongkar muat atau pemindahan barang dari satu area ke area yang lain bahkan dapat digunakan untuk mempermudah penataan pada rak – rak tinggi. Memiliki kapasitas hingga 2 ton dengan tinggi angkat hingga 2 meter.



Gambar 2.5. *Forklift gasoline*

2.3. Bagian Utama *Forklift*



Gambar 2.6. Bagian utama *forklift*

Pada umumnya *Forklift* tersusun atas:

1. *Fork*

Fork (seperti pada gambar 2.7) berfungsi untuk menopang benda yang akan Anda bawa atau angkat. Benda yang terbentuk dari dua buah besi lurus sepanjang 2,5 m ini mampu mengangkat beban berat. Selain itu, jika Anda mampu menentukan posisi benda dengan berat maksimal.



Gambar 2.7. *Fork*

2. *Carriage*

Carriage merupakan penghubung *fork* dan *mast* ini dapat menunjang kinerja *forklift* dengan baik. Benda ini sebagai sandaran serta pengaman bagi barang-barang yang di bawa pada *pallet* untuk memudahkan anda dalam pengangkatannya serta transportasinya. Dibenda inilah *fork* yang dimanfaatkan sebagai tempat meletakkannya benda. Bentuk dari *fork* dapat dilihat pada gambar 2.8 dibawah ini.



Gambar 2.8. *Carriage*

3. *Mast*

Mast berfungsi sebagai *tilting* dan *lifting* ini didesain dengan dua buah besi tebal terkait dengan *hydraulic system* yang dirangkai menjadi satu dengan *forklift* ini. Bentuk dari *mast* diperlihatkan pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9. *Mast*

4. *Overhead guard*

Overhead guard merupakan pelindung untuk pengemudi alat berat ini atau yang sering disebut dengan *forklift driver*. Menjaga dari kecelakaan atau jatuhnya barang bawaan yang sedang di bawa serta melindungi dari panas matahari dan hujan. Bentuk dari *overhead guard* diperlihatkan pada gambar 2.10 dibawah ini.



Gambar 2.10. *Overhead Guard*

5. Counterweight

Counterweight (seperti pada gambar 2.11) merupakan benda yang mampu menyeimbangkan beban yang Anda bawa pada *forklift*. Bagian ini terletak berlawanan dengan posisi *fork* atau pada bagian belakang pada *forklift*. (Rahmawati Ati, 2016)



Gambar 2.11. Counterweight

2.4 Prinsip Kerja Forklift Secara Umum

Pada *forklift* terdapat suatu alat yang disebut dengan *fork*. Fungsi *fork* ini adalah sebagai pemegang landasan beban yang mana *fork* ini terpasang pada kerangka (*backrest*) sebagai pembawa garpu dan tiang penyokong *mast*. *Fork assembly* diikatkan ke salah satu ujung rantai dan yang lainnya terikat pada *beam* tiang penyokong. Rantai ini bergerak sepanjang puli (*wheel*) yang melekat pada ujung atas dari batang torak pada *lift* silinder. (Wagino, 2012)

2.5 Karakteristik Dasar Pemilihan Bahan

Dalam setiap perencanaan pemilihan bahan dan komponen merupakan faktor utama yang harus diperhatikan, karena sebelum merencanakan terlebih dahulu diperhatikan dan diketahui jenis dan sifat bahan yang akan digunakan seperti sifat tahan terhadap korosi, tahan terhadap keausan, keuletan dan lain-lain.

Adapun tujuan pemilihan material agar bahan yang digunakan untuk pembuatan komponen dapat ditekan seefisien mungkin didalam penggunaannya, dan selalu berdasarkan pada dasar kekuatan dan sumber pengadaannya supaya material dapat memenuhi kriteria yang diharapkan, juga perlu diperhitungkan adanya beban yang terjadi pada material tersebut.

Hal-hal 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.

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 yang berbeda antara bagian satu dengan bagian yang lain, dimana fungsi dan masing-masing bagian tersebut akan memengaruhi antara bagian yang satu dengan bagian yang lainnya.

4. Kekuatan Bahan

Dalam hal ini untuk menentukan bahan yang akan digunakan haruslah mengetahui dasar kekuatan bahan dan sumber pengadaannya, mengingat pengecekan dan penyesuaian suatu produk kembali kepada kekuatan bahan yang akan digunakan. (*Mas Suya, 2011*)

2.6 Gambar Teknik

Gambar teknik adalah gambar yang dibuat dengan menggunakan cara-cara, ketentuan-ketentuan, aturan-aturan yang telah disepakati bersama oleh para ahli teknik. Di dalam teknik mesin ketentuan-ketentuan dan aturan-aturan tersebut berupa normalisasi atau standarisasi yang sudah ditetapkan oleh *ISO*

(*International Organization for Standardization*) yaitu sebuah badan/lembaga internasional untuk standarisasi. Di samping *ISO* sebagai sebuah badan internasional (antarbangsa), di negara-negara tertentu ada yang memiliki badan standarisasi nasional yang cukup dikenal di seluruh dunia. Misalnya: di Jerman ada *DIN*, di Belanda ada *NEN*, di Jepang ada *JIS*, dan di Indonesia ada *SII*. Sebagai suatu alat komunikasi, gambar teknik mengandung maksud tertentu, perintah-perintah atau informasi dari pembuat gambar (perencanaan) untuk disampaikan kepada pelaksana atau pekerja di lapangan (bengkel) dalam bentuk gambar kerja yang dilengkapi dengan keterangan-keterangan berupa kode-kode, simbol-simbol yang memiliki satu arti, satu maksud, dan satu tujuan. Untuk membuat gambar yang baik dan memenuhi syarat serta dapat dipahami dengan mudah dan benar oleh orang lain, diperlukan adanya peralatan yang memenuhi syarat dan teknik-teknik menggambar yang benar. (*Evan Dwi Nugraha Iskandar, 2014*)

2.7 Desain

Desain adalah suatu sistem yang berlaku untuk segala jenis perancangan yang mana titik beratnya dilakukan dengan melihat segala sesuatu persoalan tidak secara terpisah atau tersendiri, namun sebagai suatu kesatuan dimana satu masalah dengan lainnya saling terkait. Disisi lain, desain juga diartikan sebagai perencanaan dalam pembuatan sebuah objek, sistem, komponen atau struktur. Secara umum, definisi desain adalah bentuk rumusan dari proses pemikiran pertimbangan dan perhitungan dari desainer yang dituangkan dalam wujud gambar. Namun disisi lain desain juga dapat didefinisikan secara khusus, dimana desain adalah sesuatu yang berkaitan dengan kegunaan atau fungsi benda dan ketetapan pemilihan bahan serta memperhatikan segi keindahan. (*Achmad Yusron Arif, 2019*)

Pekerjaan utama yang membedakan profesi *engineer* dengan profesi lainnya adalah pekerjaan perancangan (*design*). Zaman dahulu pekerjaan perancangan seperti menyiapkan gambar-gambar teknik harus memakan waktu yang cukup lama. Gambar teknik biasanya diawali dengan pembuatan sketsa kemudian dianalisis dengan mempertimbangkan fungsi, kekuatan elemen, bahan yang digunakan, dimensi, dan lain-lain. Kemudian sketsa disempurnakan

menjadi gambar rancangan. Oleh perancang sendiri atau dibantu juru gambar (*drafter*), gambar rancangan dibuat menjadi gambar kerja agar bersifat mudah dibaca oleh pengguna gambar. Proses pembuatan gambar kerja dilakukan secara manual menggunakan pensil yang selanjutnya digambar ulang dengan tinta agar permanen, tahan lama, dan mudah direproduksi. Jadi bisa anda bayangkan berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk rangkaian pekerjaan tersebut, apalagi jika si *drafter* menemui banyak kesalahan.

Namun sekarang ini dengan tersedianya *software–software* untuk *engineer*, pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dalam hitungan jam atau bahkan menit.

Oleh karena itu, *engineer* zaman sekarang tidak hanya dituntut kuat dalam berhitung dan menganalisis, tapi juga mengetahui dan menguasai *software–software* untuk pekerjaannya. Di bawah ini, ada beberapa *software–software* yang digunakan untuk pekerjaan *engineer* di sebuah manufaktur alat-alat dan mesin-mesin pertanian, yaitu

1. *AutoCAD*

AutoCAD adalah sebuah aplikasi *software CAD (computer-aided design)* dan *drafting* untuk menggambar model 2D dan 3D yang dikembangkan oleh *Autodesk*. *AutoCAD* sepertinya sudah menjadi *software* yang wajib bagi para *engineer*, seperti, *engineer mechanical, architectural, civil, electrical, electronic* dan *aeronautical*. Saya sendiri dari *industrial engineering* (teknik industri) sudah membutuhkan *software* ini ketika masih kuliah, yaitu untuk membuat gambar *part* produk untuk kelengkapan data tugas praktikum dan Tugas Akhir.

2. *Solidworks*

Solidworks adalah *software CAD 3D* untuk *mechanical design* yang dikembangkan oleh *SolidWorks Corporation* yang sekarang sudah diakuisisi oleh *Dassault Systèmes*. *Solidworks* biasanya digunakan untuk menggambar sebuah *part* yang sulit dikomunikasikan dengan *customer* jika digambarkan dalam bentuk 2D. Terkadang juga saya menjumpai beberapa *part* yang lebih mudah dan cepat digambarkan dalam model 3D (menggunakan *Solidworks*), kemudian dari model 3D tersebut saya bisa secara *instant* menciptakan gambar proyeksi ortogonal 2D (dalam standar perusahaan saya menggunakan proyeksi kuadran III/proyeksi Amerika). (*Eris Kusnadi, 2012*).

2.8 Analisa Numerik

Pada kamus besar bahasa indonesia (KBBI), analisa berarti penelaahan dan penguraian data hingga menghasilkan simpulan sedangkan numerik yang berarti berwujud angka. Berdasarkan acuan tersebut kita dapat mengartikan bahwa analisa numerik adalah penelaahan dan pengurai data hingga menghasilkan kesimpulan yang berwujud angka. Sedangkan metode numerik adalah cara atau teknik yang digunakan untuk memformulasikan masalah matematis agar dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan. Bidang analisa numerik sudah dikembangkan berabad-abad sebelum penemuan komputer modern. Interpolasi linear sudah digunakan lebih dari 2000 tahun yang lalu. Banyak matematikawan besar dari masa lalu disibukkan oleh analisa numerik. Seperti yang terlihat jelas dari nama algoritma penting seperti metode newton. *Interpolasi polynomial lagrange, eliminasi gauss* atau metode *euler*. Analisa numerik dan metode numerik adalah dua hal yang berbeda. Metode logaritma adalah menyangkut langkah-langkah penyelesaian persoalan secara numerik, sedangkan analisa numerik adalah terapan matematika untuk menganalisa metode. Dalam analisa numerik, hal utama yang ditekankan adalah analisis galat dan kecepatan konvergensi sebuah metode. Teorema-teorema matematika banyak dipakai dalam menganalisis suatu metode. Sejak akhir abad ke 20 algoritme kebanyakan diimplementasikan dalam berbagai bahasa pemrograman. *Netlib* memiliki berbagai daftar perangkat lunak yang banyak digunakan dibidang numerik. Ada beberapa perangkat lunak populer dibidang numerik seperti, *MATLAB, TK solver, S-PLUS* dan *IDI*. Selain itu ada juga software versi gratis seperti *freemat, scilab, GNU Octave* (mirip dengan *S-PLUS*) dan varian tertentu dari *python*. Kinerja yang dihasilkan dari perangkat lunak tersebut bervariasi, untuk operasi matriks dan vektor biasanya cukup cepat, sedangkan untuk skala kecepatan bervariasi berdasarkan urutan besarnya. Banyak system aljabar komputer seperti perangkat lunak matematik memiliki kelebihan dalam hal *arbitrary precision arithmetic* sehingga dapat memberikan hasil yang lebih akurat. (Zulfadly Saleh S, 2014)

2.9 Teori Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method (FEM)* atau analisa Elemen Hingga atau *Finite Elemen Analysis (FEA)* adalah dasar pemikiran dari

suatu bangunan bentuk-bentuk kompleks dengan blok-blok sederhana atau membagi objek yang kompleks kedalam bagian-bagian kecil yang teratur.

2.9.1 Penggunaan metode elemen hingga (*finite element method*)

a. Penggunaan metode elemen hingga terdiri dari beberapa analisa:

- Analisa perancangan adalah perhitungan sederhana, serta simulasi komputer.
- *Finite element method* atau *finite element analysis* adalah simulasi komputer yang paling banyak diaplikasikan dalam engineering.
- Penggunaan dari aplikasi *CAD* atau *CAM*.

b. Aplikasi dari metode elemen hingga dalam engineering sebagai berikut:

- *Mechanical / aerospace / civil / automobile engineering.*
- *Structure analysis (static / dynamic, linear / nonlinear).*
- *Thermal / fluid flows.*
- *Electromagnetics geomechanics*
- *Blomemechanic*

a. Prosedur analisa dengan menggunakan metode elemen hingga adalah:

- Membagi struktur kedalam bagian-bagian kecil (elemen dengan *nodes*).
- Menjelaskan sifat fisik dari tiap-tiap elemen.
- Menghubungkan atau merangkai elemen-elemen pada *nodes* untuk membentuk rekaan persamaan sistem dari keseluruhan struktur.
- Menyelesaikan persamaan sistem dengan melibatkan kualitas yang tidak diketahui pada nodal, misalnya pergeseran.
- Mengitung kuantitas yang diinginkan (regangan atau tekanan) pada elemen-elemen yang dipilih.

2.9.2 *Analysis static linear*

Masalah analisis sebagian besar dapat diperlakukan sebagai masalah *static linear*, didasarkan pada asumsi dibawah ini.

1. *Small deformation* (perubahan yang terjadi sangat kecil)
2. *Elastic material*
3. *Static loads*

Analisa *linear* dapat menyediakan kebanyakan dan informasi tentang perilaku suatu struktur, dan merupakan suatu perkiraan baik untuk

beberapa analisa, mempertimbangkan suatu elemen penuh pada prisma. (Dr. Ing. Mohammad Yamin, Widyo Purwoko, 2014)

2.10 Defleksi

Defleksi adalah perubahan bentuk pada balok atau batang dalam arah vertikal dan horizontal akibat adanya pembebanan yang diberikan pada balok atau batang. Sumbu sebuah batang akan terdeteksi dari kedudukannya semula bila benda dibawah pengaruh gaya terpakai. Dengan kata lain suatu batang akan mengalami pembebanan *transversal* baik itu beban terpusat maupun terbagi merata akan mengalami defleksi. Defleksi diukur dari permukaan netral awal keposisi netral setelah terjadi deformasi.

a. Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu;

Kekuatan batang, besar kecilnya gaya yang diberikan, jenis tumpuan yang diberikandan jenis beban yang terjadi pada batang. Buku elemen mesin dalam perancangan mekanis karangan Robert L.Mott membahas tentang batasan defleksi yang disarankan yakni tidak boleh melebihi 0,0076203 mm/mm panjang dari rangka, rangka yang panjang membentang horizontal yang diukur sebesar 4400 mm, maka diperoleh besaran defleksi yang disarankan untuk rangka mobil listrik *unners* tidak boleh melebihi 3,352 mm untuk kriteria tingkatan umum.

2.11 Notasi Matrix

Metode matrix adalah yang digunakan dalam metode elemen hingga untuk keperluan menyederhanakan rumus persamaan kekakuan elemen, untuk tujuan perhitungan manual, solusi dan berbagai masalah dan yang paling penting untuk digunakan di dalam pemograman. Oleh karena itu notasi matriks mewakili notasi yang sederhana dan mudah digunakan untuk memecahkan masalah melalui persamaan aljabar.

2.12 Ansys

Ansys adalah suatu perangkat lunak komputer umum yang mampu menyelesaikan permasalahan-permasalahan elemen hingga dari pemodelan hingga analisis. *Ansys* ini digunakan untuk mensimulasikan semua disiplin ilmu fisika baik statis maupun dinamis, *analysis structural* (kedua-duanya liner maupun non liner), perpindahan panas, dinamika fluida, dan elektro magnetic untuk para

engineer. Ansys dapat mengimport data *solidworks* dan juga memungkinkan untuk membangun geometri dengan kemampuan “*preprocessing*”. Demikian pula dalam *preprocessing* yang sama, elemen hingga model (jaring alias) yang digunakan untuk perhitungan hasil. Setelah mendefinisikan beban dan melakukan analisis, hasil dapat dilihat sebagai *numeric* dan *grafis*. Ansys bekerja dengan sistem metode elemen hingga, dimana penyelesaiannya pada suatu objek dilakukan dengan pendeskritisasian dimana membagi atau memecah objek analisis suatu rangka kesatuan kedalam jumlah terbatas elemen hingga yaitu menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan mode. Hasil yang diperoleh dari *ansys* ini berupa pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Ketelitiannya sangat bergantung pada cara kita memecah model tersebut dan menggabungkannya. Dalam perhitungan kekuatan rangka dan banyak rumus yang bisa digunakan untuk mencari lendutan / *modulus* elastitas pada rangka yang diuji, salah satu rumus yang dipakai adalah sebagai berikut,

a. *Moudulus Young*

Jika sebuah tongkat sepanjang L_s , dan luas penampang A ditarik dengan gaya luar sebesar F sehingga panjang tongkat menjadi L_f dengan $L_f > L_i$, maka pada kondisi ini tongkat mengalami tegangan. Tegangan tarik (σ) didefinisikan sebagai gaya (F) persatuan luas (A) dan tegangan tarik (e) adalah perbandingan pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang mula-mula (L_i) saat sebuah benda dikenai gaya.

$$\text{Tegangan, } \sigma = \frac{F}{A} \tag{2.1}$$

$$\text{Regangan, } e = \frac{\Delta L}{L_1} \tag{2.2}$$

Perbandingan antara tegangan dan regangan disebut sebagai *Modulus* Elastitas atau *Modulus Young* (Y). Sehingga dalam hal ini rumus *modulus* elastitas atau *modulus young* adalah sebagai berikut.

$$Y = \frac{\sigma}{e} \tag{2.3}$$

$$Y = \frac{FxL}{Ax\Delta L} \tag{2.4}$$

Tidak semua benda dapat kembali ke bentuk semula setelah dikenakan gaya. Elastitas benda hanya berlaku sampai suatu batas yaitu batas elastitas. Batas elastitas di definisikan sebagai tegangan maksimum yang dapat diberikan ke bahan sebelum bahan mengalami deformasi permanen.

Secara umum suatu solusi elemen hingga dapat dipecahkan dengan mengikuti 3 tahapan. Tahapan ini merupakan panduan umum yang dapat digunakan untuk menghitung analisis elemen hingga.

1. Model *generation*

- Penyederhanaan, idealisasi.
- Menentukan bahan/sifat material.
- Menghasilkan model elemen hingga.

2. Solusi

- Tentukan kondisi batas.
- Menjalankan analisisnya untuk mendapatkan solusi.

3. Hasil ulasan

- *Plot*/daftar hasil.
- Periksa validitas (*Nakasone Y. T.A. Stolarski Dan S. Yoshimoto 2006*)

2.13 *Software Solidworks*

Solidworks adalah salah satu *CAD software* yang dibuat oleh *dassault systemes*. *Solidworks* digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part permesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3D untuk mempersentasikan part sebelum *real part* yang dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan. *Solidworks* diperkenalkan pada tahun 1995 sebagai pesaing untuk program *CAD*, seperti *Pro/ENGINEER*, *NX*, *Siemens*, *I-Deas*, *Unigraphics*, *Autodesk Inventor*, *Autodesk AutoCAD* dan *CATIA*. Dengan harga yang lebih murah. *Solidworks Corporation* didirikan pada tahun 1993 oleh Jon Hirschtick, dengan merekrut tim insinyur untuk membangun sebuah perusahaan yang mengembangkan perangkat lunak CAD 3D, dengan kantor pusatnya di *Concord, Massachusetts*, dan merilis produk pertama, *Solidworks 95*, pada tahun 1995. Pada tahun 1997 *Dassault systemes* yang terkenal dengan *CATIA CAD software*, mengakuisisi perusahaan dan sekarang ini memiliki 100%

dari saham *solidworks*. *Solidworks* dipimpin oleh John McEleneey dari tahun 2001 hingga juli 2007, dan sekarang oleh Jeff Ray. (Arif Syamsudin, 2010)

Beberapa contoh *part* yang dapat dibuat pada *solidworks* ialah membuat design produk dari yang sederhana sampai kompleks seperti roda gigi, chasis, 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. (Ys Ryanto, 2016)

2.14 Kekakuan Rangka Batang Bidang (*plane truss*)

Struktur *plane truss* merupakan suatu system struktur yang merupakan gabungan dari sejumlah elemen (batang) dimana pada setiap titik simpulnya dianggap berperilaku sebagai sendi dan setiap elemennya hanya dapat menerima gaya berupa gaya aksial (tarik ataupun tekan).

Setiap elemen *plane truss* selalu memiliki dua nodal (titik simpul) ujung. Ujung awal elemen diberi notasi nodal *i*, sedangkan ujung lainnya diberi notasi *j*. Pusat sumbu lokal elemen adalah nodal *i*, dan arah sumbu *x* lokal positif selalu dibuat nodal *i* ke nodal *j* dari elemen tersebut.

Sumbu *y* lokal dibuat tegak lurus sumbu *x*, sedangkan sumbu lokal arah *z* dibuat searah dengan sumbu *Z* global dan tegak lurus terhadap bidang struktur (bidang X-Y).

Persamaan hubungan antara aksi dan deformasi elemen dalam sistem koordinat lokal diperoleh berdasarkan prinsip superposisi dapat diuraikan sebagai berikut :

$$f_i = \frac{AE}{L} U_i + 0. v_i - \frac{AE}{L} U_j + 0. v_j \quad (2.5)$$

$$g_i = 0. v_i + 0. u_i + 0. v_j \quad (2.6)$$

$$f_i = \frac{AE}{L} U_i + 0. v_i - \frac{AE}{L} U_j + 0. v_j \quad (2.7)$$

$$g_i = 0. v_i + 0. u_i + 0. v_j \quad (2.8)$$

Dimana :

σ = Tegangan tarik

e = Regangan tarik

- Y = *Modulus young*
- x = Sumbu batang
- x, y = Sistem koordinat lokal (*element*)
- u_i = *Displacement* aksial pada titik nodal i
- v_i = *Displacement* arah tegak lurus sumbu batang pada noda i
- f_i = Gaya aksial pada titik nodal i yang sesuai dengan u_i
- g_i = Gaya tegak lurus sumbu batang pada titik noda i yang sesuai dengan v_i

Persamaan hubungan aksi deformasi yang ditunjukkan persamaan (2.9) dapat dinyatakan dalam bentuk matrix :

$$\begin{Bmatrix} f_i \\ g_i \\ f_j \\ g_j \end{Bmatrix} = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_i \\ v_i \\ u_j \\ v_j \end{Bmatrix} \quad (2.9)$$

Dimana :

- A = Luas tampang batang
- E = *Modulus* elastitas batang
- L = Panjang batang
- f_i = Vektor gaya dalam sistem koordinat lokal
- k_i = Matrix kekakuan elemen *plane truss* dalam sistem koordinat lokal
- d_i = Vektor *displacement* dalam sistem koordinat lokal

Persamaan keseimbangan elemen dalam koordinat lokal adalah :

$$\{f_i\} = [k_i]\{d_i\} \quad (2.10)$$

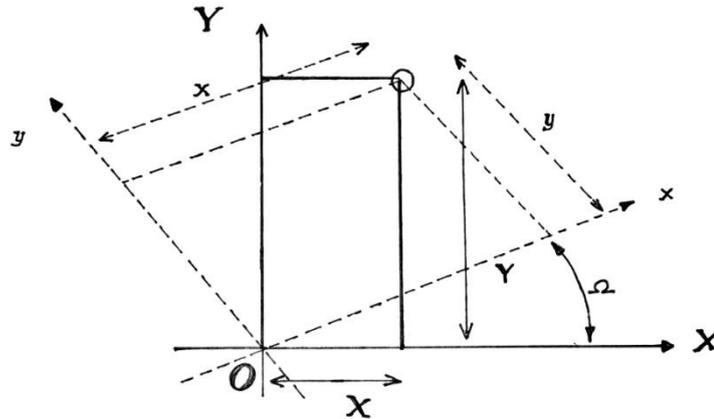
Selanjutnya matrix kekakuan elemen *plane truss* dalam sistem koordinat lokal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$[k_i] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (2.11)$$

2.15 Transformasi Sumbu

Dalam analisis struktur yang dilakukan pada kebanyakan kasus, perlu dilakukan penyesuaian antara matrix kekakuan elemen struktur lokal (yang mengacu pada sumbu lokal secara individual) kedalam matrix kekakuan elemen struktur global yang di anut semua elemen struktur. Penyesuaian tersebut dapat dilakukan dengan memandang titik nodal awal i dan nodal akhir i dalam bidang x -

y (global) dari elemen mengalami perpindahan ke nodal i dan i dalam bidang x - y (lokal) sebagaimana di instruksikan pada gambar 2.12 di bawah ini.



Gambar 2.12. Transformasi sumbu kratesian

Berdasarkan gambar 2.12 ditunjukkan perputaran sumbu kartesian dari sumbu global X - Y menuju sumbu lokal x - y dengan kemiringan sumbu α sehingga dapat diperoleh persamaan transformasi sumbu yang menunjukkan perubahan posisi suatu titik nodal dalam bentuk berikut :

$$x = X \cdot \cos \alpha + Y \cdot \sin \alpha \quad (2.12)$$

$$y = -X \cdot \sin \alpha + Y \cdot \cos \alpha \quad (2.13)$$

Persamaan di atas jika dirubah dalam bentuk matrix, dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\begin{Bmatrix} x \\ y \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha \\ -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} X \\ Y \end{Bmatrix} \quad (2.14)$$

(<http://www.pemodelan.kekuatan.rangka>)

a. Material rangka

Material rangka yang direncanakan adalah baja *structural*. Sifat mekanik dari baja *structural* diambil dari data yang ada pada perangkat lunak *Ansys workbench 15.0*, yaitu :

<i>Modulus young</i>	$= 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$	
<i>Density</i>	$= 7850 \text{ kg/m}^3$	$= 7,85 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^2$
<i>Poisson's ratio</i>	$= 0,3$	
<i>Ultimate strength</i>	$= 460 \times 10^8 \text{ Pa}$	$= 460 \text{ MPa}$
<i>Modulus shear</i>	$= 76923 \times 10^8 \text{ Pa}$	$= 76923 \text{ Mpa}$

**[BAB 3
METODE PERANCANGAN**

3.1 Tempat Dan Waktu

3.1.1 Tempat

Adapun tempat dilakukannya proses unjuk kerja pengoperasian *forklift* mini kapasitas 200kg untuk usaha kecil menengah (UKM) yang didesain menggunakan *software solidworks* 2014 yaitu dilakukan di laboratorium komputer, Fakultas teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

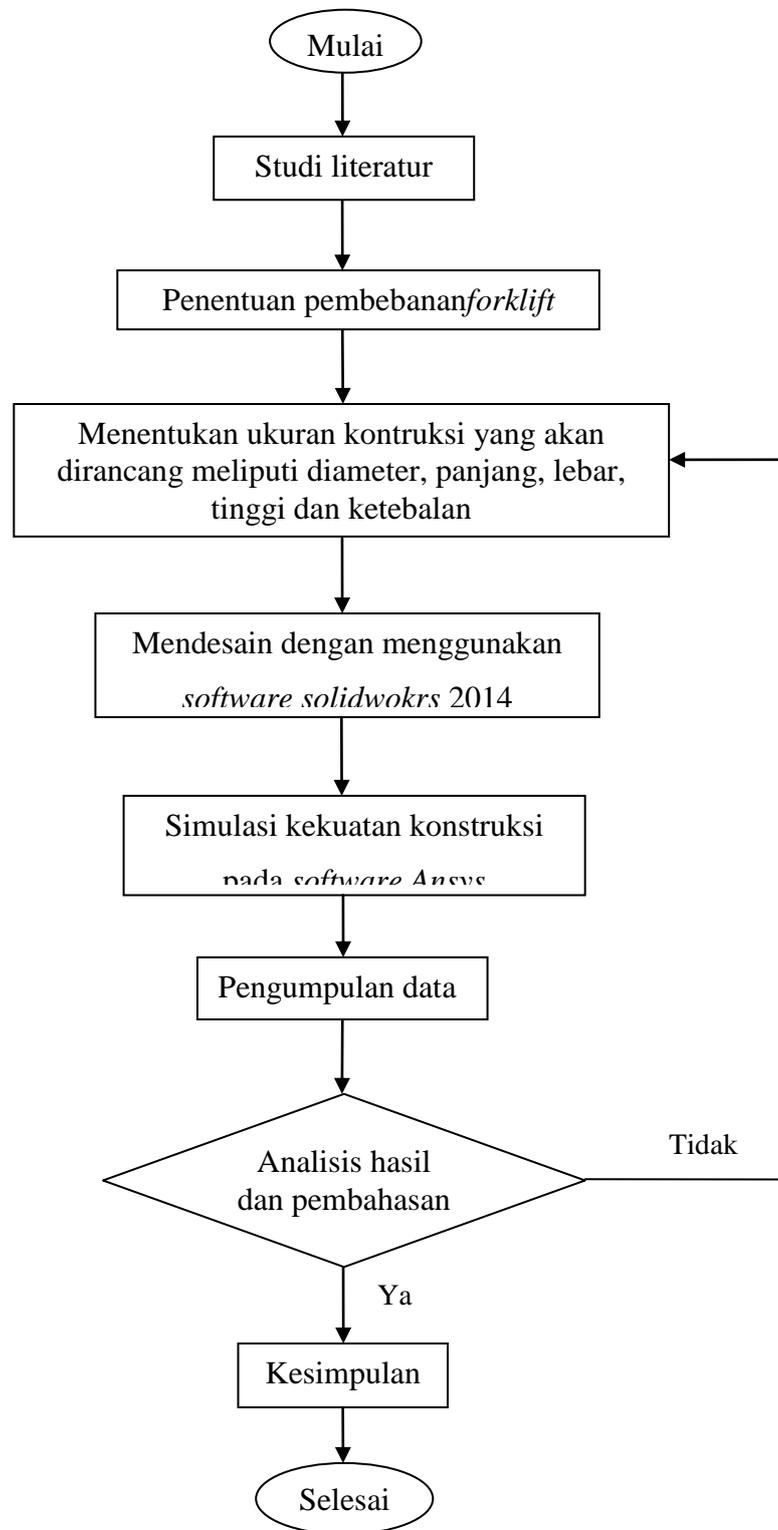
3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan proses mendesain dan pembuatan *forklift* mini kapasitas 200kg untuk usaha kecil menengah selama 10 bulan setelah laporan tugas akhir disetujui.

Tabel 3.1 waktu penelitian

No.	Kegiatan	Bulan / 2018									
		mar	apr	mei	jun	jul	agu	sep	okt	nov	des
1.	Pengajuan Judul										
2.	Studi Literatur										
3.	Perancangan desain <i>Forklift</i>										
4.	Pembuatan desain <i>forklift</i>										
5.	Pelaksanaan Pengujian										
6.	Penyelesaian Skripsi										

3.2 Diagram Alir



Gambar 3.1. Diagram alir

3.3 Alat Perancangan

Adapun alat yang digunakan dalam perancangan konstruksi *forklift* mini ini adalah :

3.3.1 Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan dalam perancangan konstruksi ini adalah sebagai berikut:

1. *Processor : intel(R) celeron(R) CPU N3160 @ 1.60Ghz 1.60Ghz*
2. *RAM : 2.00 GB*
3. *System type: 64-bit operating system, x64-based processor*



Gambar 3.2.Laptop

3.3.2 *Software solidworks*

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

1. *Nama : Solidworks 2014Activation Wizard*
2. *Type : Application*
3. *Size : 9.57 MB*

3.4 Tahap Awal Pengerjaan Perancangan

3.4.1 Membuka aplikasi *solidworks*

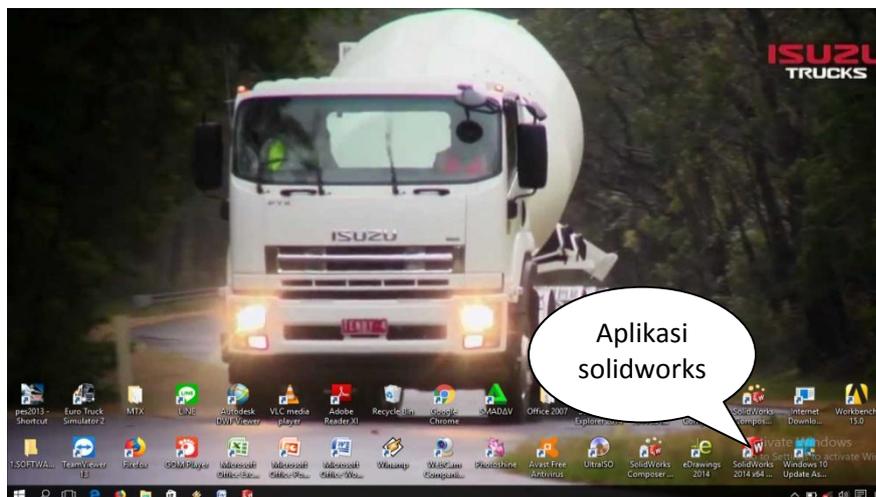
Sebelum melakukan pengerjaan desain, langkah pertama kali yaitu adalah

1. Buka laptop
2. Tekan tombol *power* untuk menyalakan laptop, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3. Menekan tombol *power*

3. Setelah laptop telah menyala, langkah selanjutnya klik2X *start* menu pada aplikasi *solidwoks*, yang terlihat pada gambar 3.4 dibawah ini.

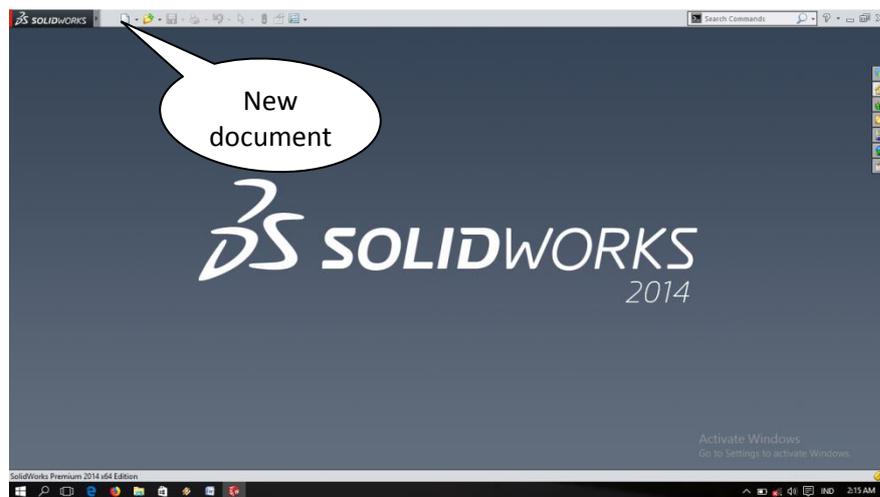


Gambar 3.4. Klik aplikasi *solidworks*



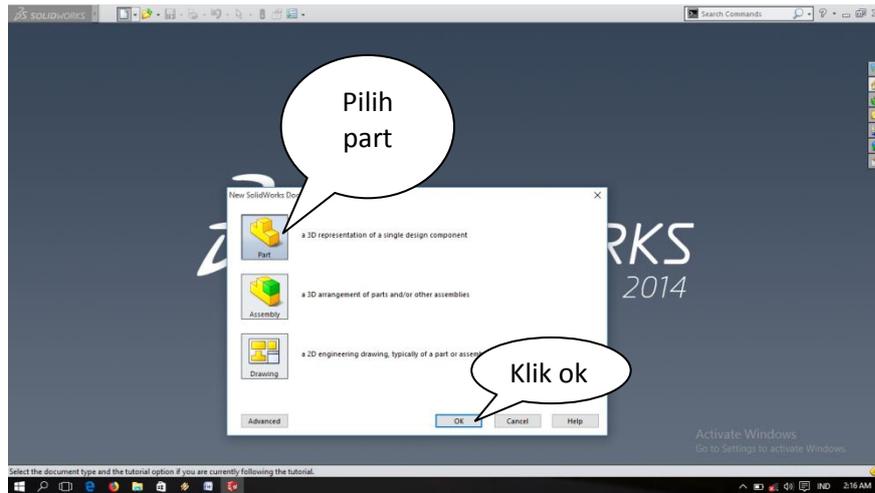
Gambar 3.5. Proses *loading* membuka aplikasi *solidworks*

4. Setelah menu awal *solidworks* telah muncul, selanjutnya arahkan kursor pada bagian kiri atas dan pilih menu *new document*, lalu klik, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6 dibawah ini.

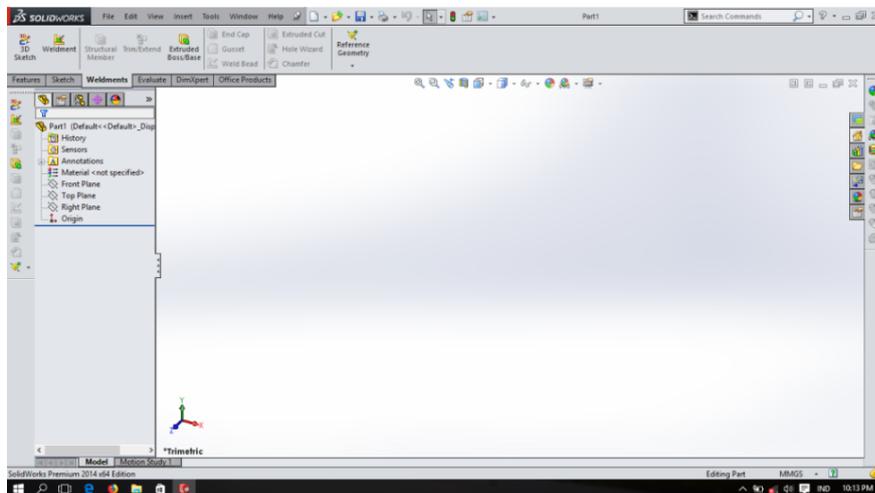


Gambar 3.6. Menu awal *solidworks*

5. Setelah muncul menu tampilan *new document*, pilih menu *part*, lalu klik ok. Maka akan muncul tampilan jendela kerja *solidworks* seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.7 dan gambar 3.8 dibawah ini.

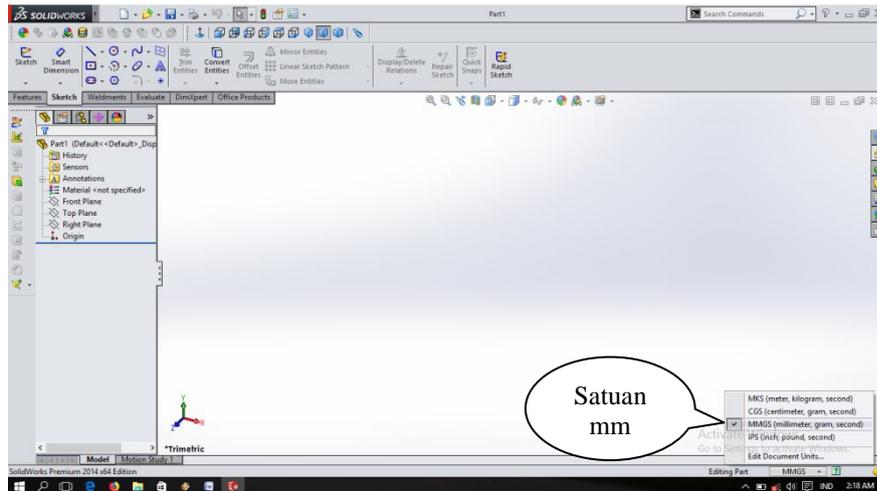


Gambar 3.7. Tampilan menu *new document*



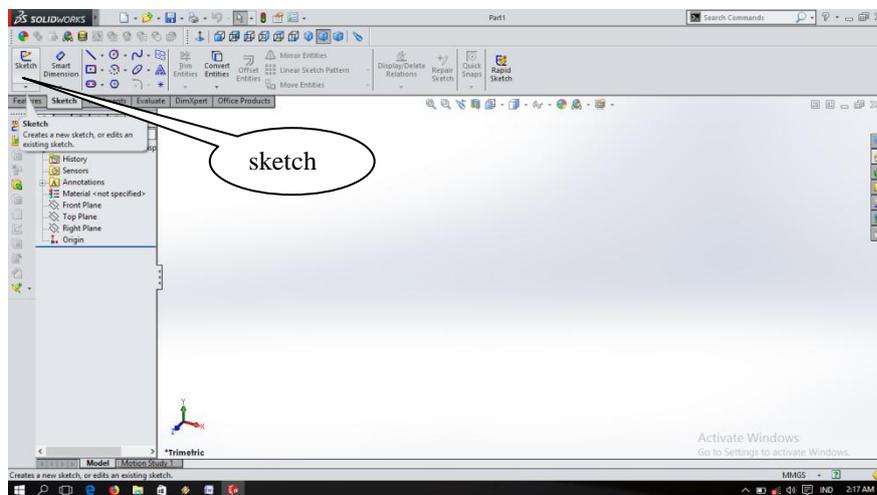
Gambar 3.8. Tampilan jendela kerja *solidworks 2014*

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, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.9 dibawah ini

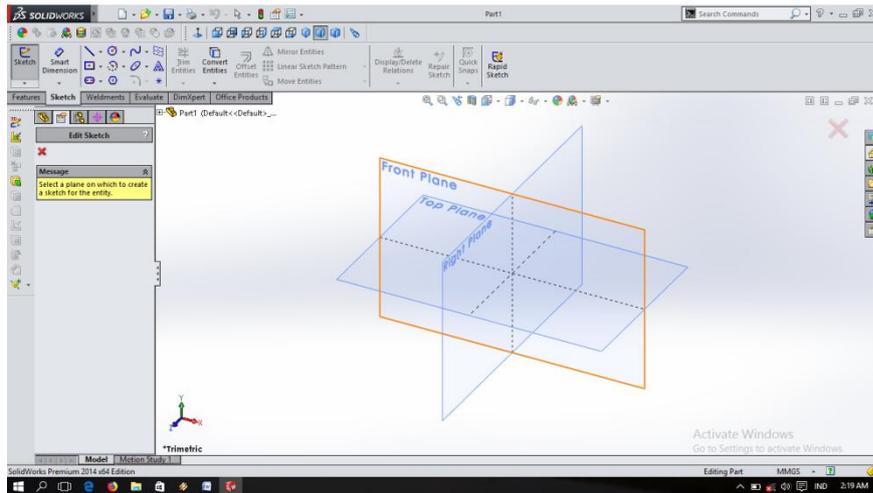


Gambar 3.9. Mengatur satuan ukuran

7. Selanjutnya pilih menu *sketch*, lalu klik. Maka akan muncul pilihan tampilan *plane*. Dalam perancangan desain konstruksi ini, dipilih *front plane*, sebagai mana yang ditunjukkan pada gambar 3.10 dan gambar 3.11 dibawah ini.

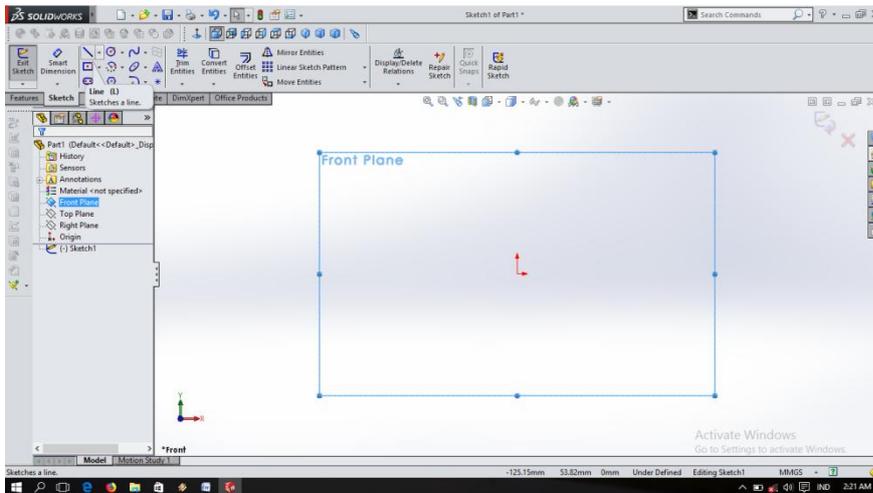


Gambar 3.10. Mengklik menu *sketch*



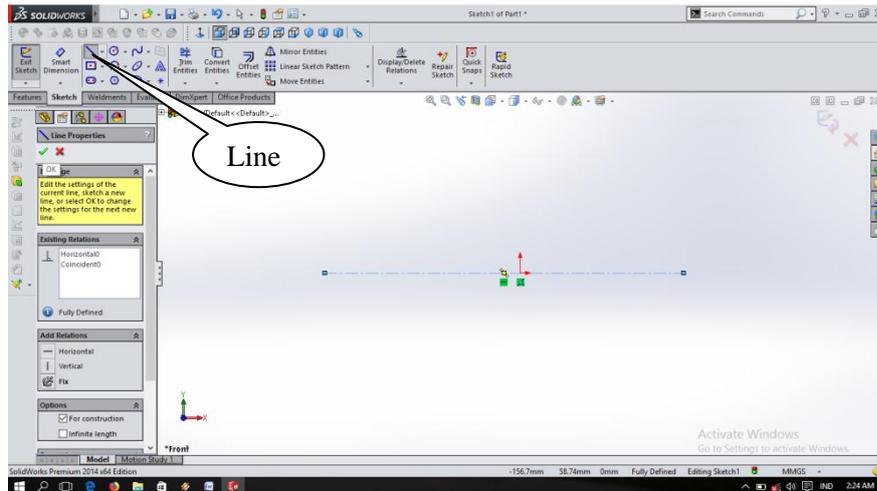
Gambar 3.11. Tampilan *plane* yang akan digunakan

8. Setelah melakukan pemilihan bagian *sketch* menggunakan *front plane*, maka akan tampil jendela kerja seperti gambar 3.12 dibawah ini. Dan proses mendesain kontruksi sudah bisa dilakukan.



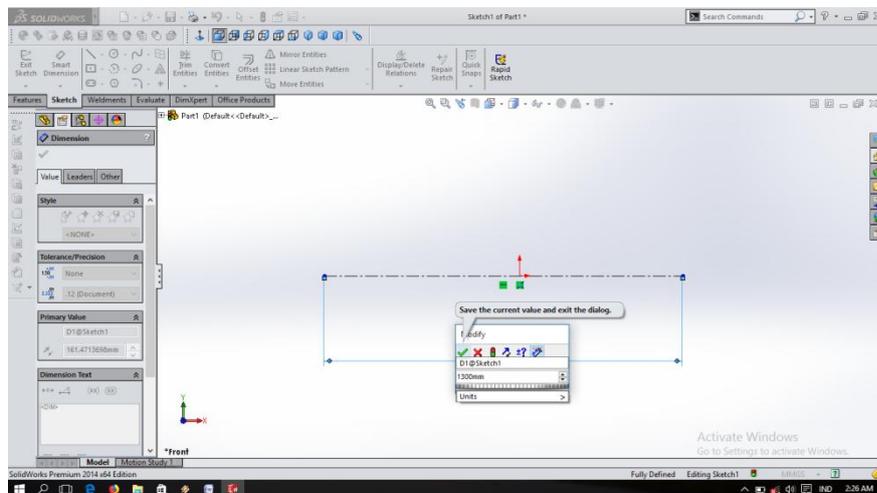
Gambar 3.12. Tampilan *front plane*

9. Selanjutnya pilih garis (*line*), pilih garis bantu (*center line*), lalu tarik garis dari sebelah kiri ke sebelah kanan pada jendela kerja, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.13 dibawah ini.



Gambar 3.13. Membuat garis bantu (*center line*)

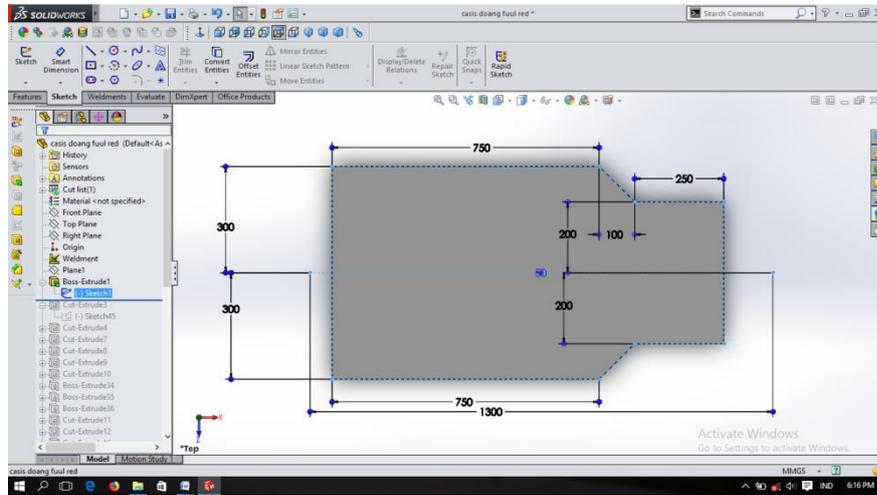
10. Selanjutnya memberi ukuran pada garis bantu, klik *smart dimension* lalu masukan ukuran, yaitu sebesar 1300 mm, seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.14 dibawah ini.



Gambar 3.14. Memberikan ukuran pada garis bantu.

11. Langkah berikutnya mendesain seluruh konstruksi, dengan memilih menu garis (*line*) untuk pensilnya, memilih menu *smart dimension* untuk memberikan ukuran, memilih menu *extruded base/base* dan *extruded cut* untuk membuat desain menjadi sebuah konstruksi, dan memilih *hole wizard* untuk membuat diameter dalam lubang. Sebagai

mana hasil awal desain konstruksi yang ditunjukkan pada gambar 3.15 dibawah ini.



Gambar 3.15. Melakukan proses desain konstruksi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

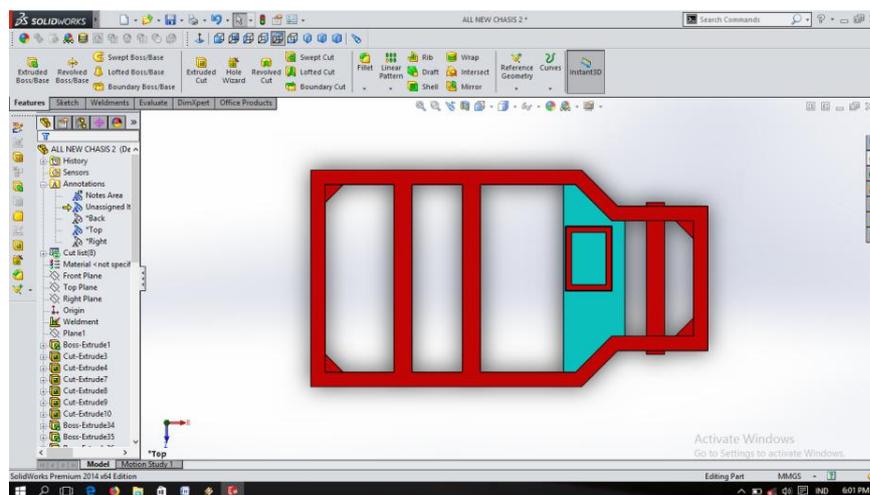
4.1 Hasil Desain Konstruksi *Forklift* Mini

Hasil perancangan konstruksi yang telah selesai didesain, menghasilkan berbagai macam-macam komponen, komponen-komponen ini nantinya akan dirakit menjadi satu dengan menggunakan baut dan mur sebagai pengikat atau penghubungnya, berikut dibawah ini hasil desain konstruksi yang sudah selesai, yaitu :

a. Desain rangka (*chassis*)

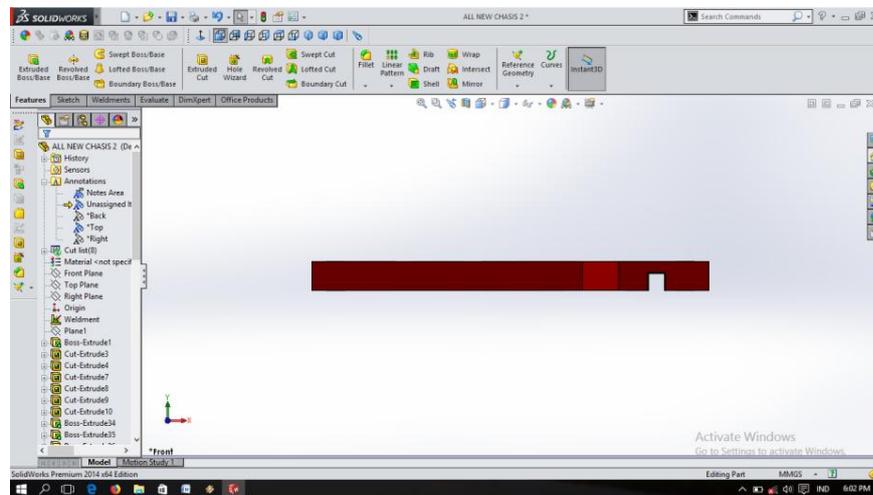
Desain pada rangka memiliki ukuran panjang rangka total 1100 mm, tinggi rangka 80 mm, lebar rangka bagian depan 600 mm dan lebar rangka bagian belakang 400 mm, dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 dibawah ini.

- Desain rangka pandangan atas.



Gambar 4.1. Desain rangka (*chassis*) pandangan atas

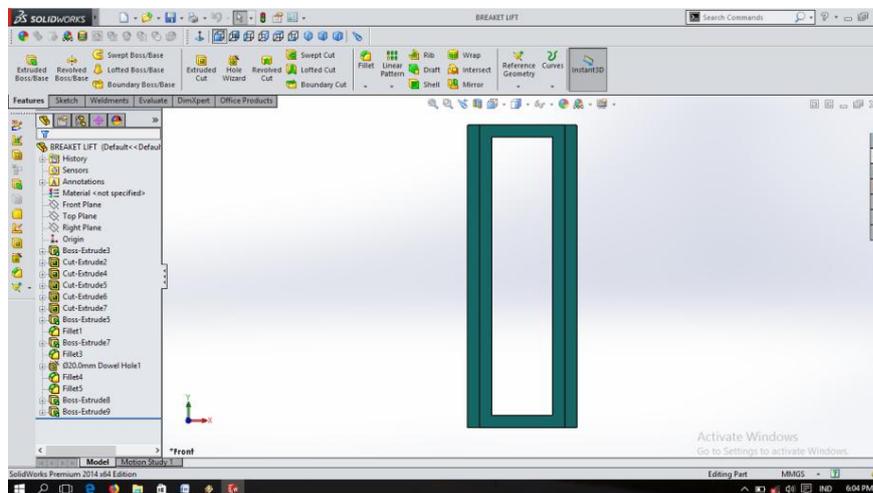
- Desain rangka pandangan samping dengan tinggi rangka 80 mm.



Gambar 4.2. Desain rangka (*chassis*) pandangan samping

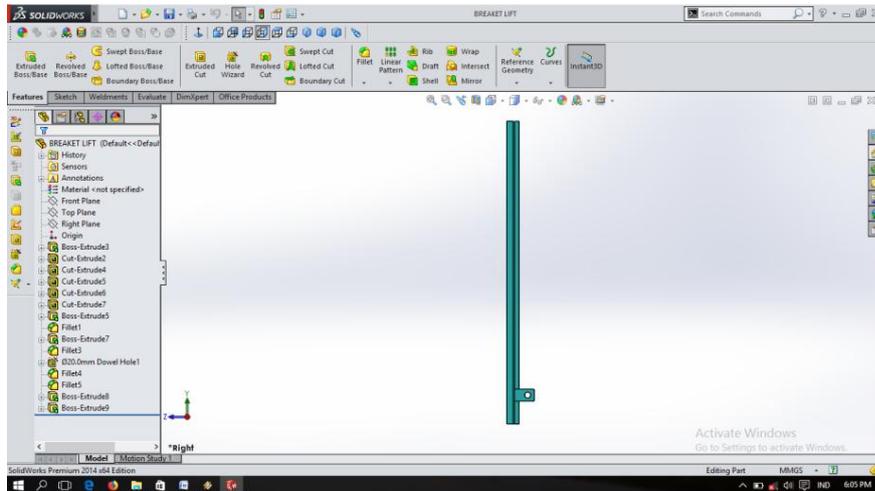
b. Desain *mast*

- Desain *mast* dengan pandangan depan memiliki ukuran panjang 1000 mm dan lebar 350 mm, dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.

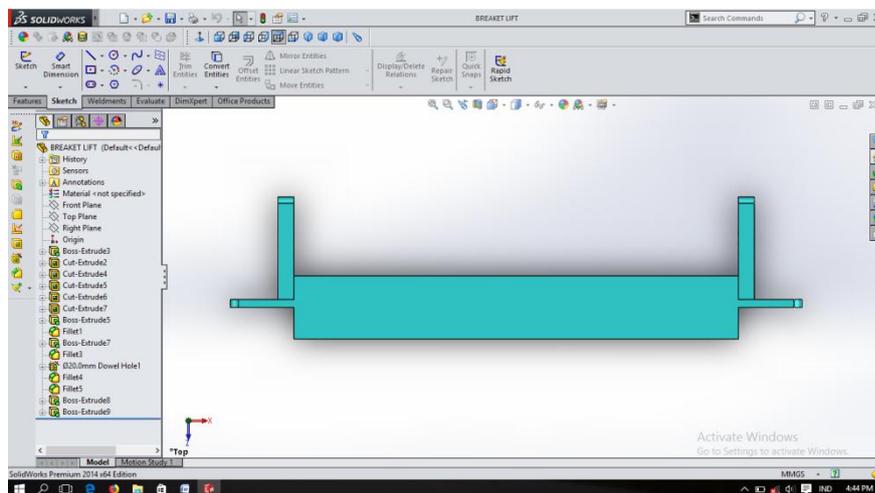


Gambar 4.3. Desain *mast* pandangan depan

- Desain *mast* pandangan samping dan pandangan atas, dengan ukuran tebal *mast* 40 mm, dan tebal dudukan breaket *mast* pada bagian pinggir kiri dan kanan *mast* 5 mm, yang terdapat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 dibawah ini.

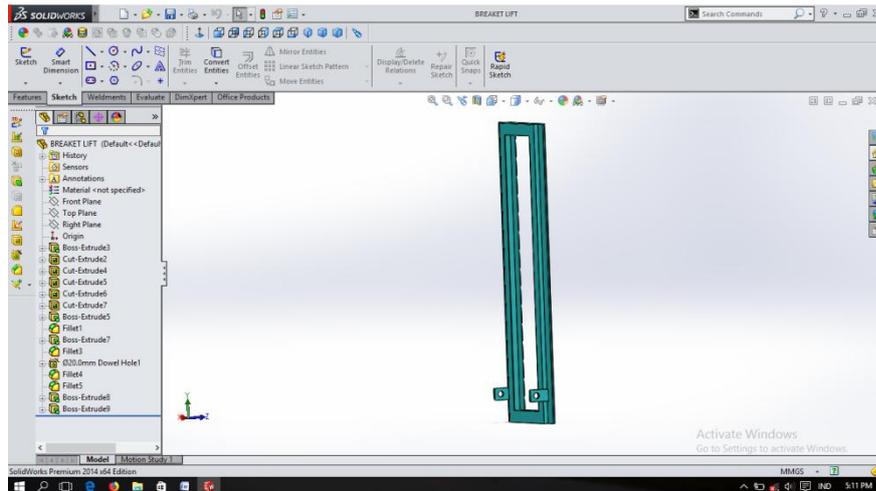


Gambar 4.4. Desain *mast* pandangan samping



Gambar 4.5. Desain *mast* pandangan atas

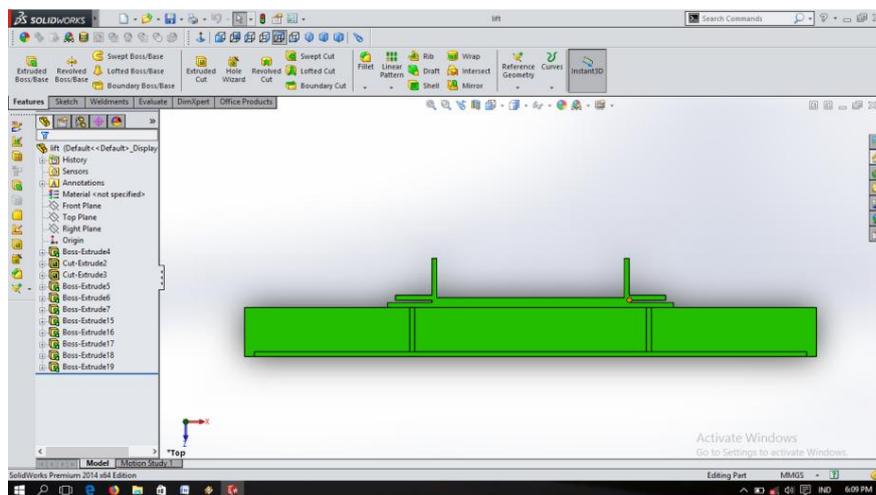
- Desain *mast* pandangan *dimetric*, yang menunjukkan desain *bracket mast* dengan ukuran panjang 65 mm, lebar 40 mm dan tebal 10 mm, dapat dilihat pada gambar 4.6 dibawah ini.



Gambar 4.6. Desain mast pandangan *dimetric*

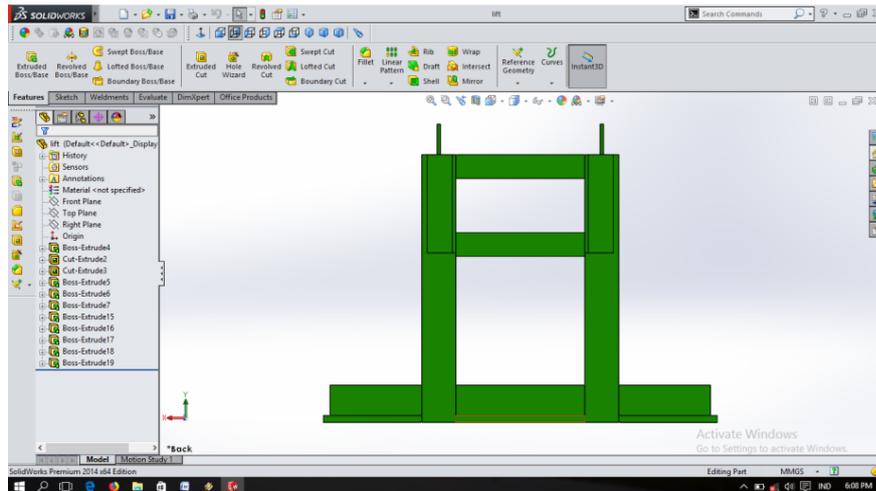
c. Desain *carriage*

- Desain *carriage* pandangan atas, dengan ukuran panjang *bracket fork* 580 mm dan lebar *bracket fork* 50 mm dapat dilihat pada gambar 4.7 dibawah ini.



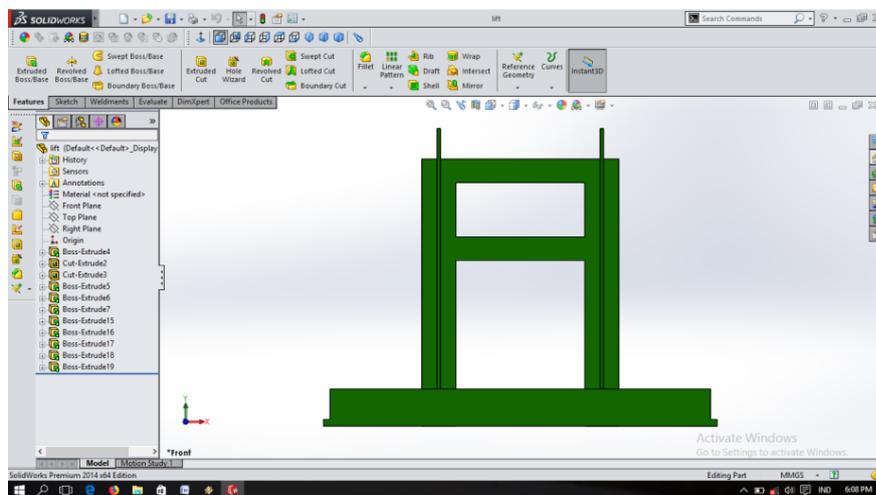
Gambar 4.7. Desain *carriage* pandangan atas

- *Carriage* pandangan belakang dengan ukuran tinggi bagian depan 385 mm, tinggi bagian belakang 145 mm, lebar bagian depan 50 mm dan lebar bagian belakang 40 mm, dapat dilihat pada gambar 4.8 dibawah ini.



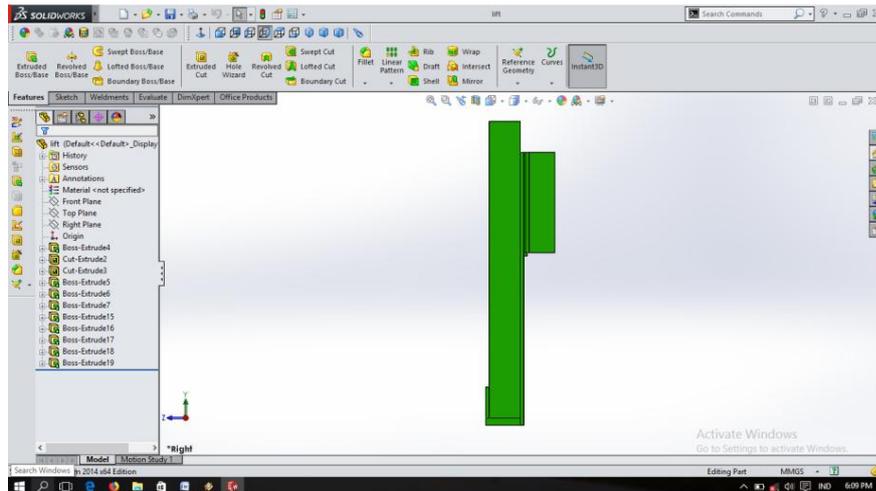
Gambar 4.8. Desain *carriage* pandangan belakang

- Desain *carriage* pandangan depan, dengan ukuran tinggi tiang pengaman 430 mm dengan tebal 5 mm, lebar tiang seperti huruf A ialah 280 mm, lebar *bracket* bagian bawah 560 mm dan tinggi *bracket* 55 mm, dapat dilihat pada gambar 4.9 dibawah ini.



Gambar 4.9. Desain *carriage* pandangan depan

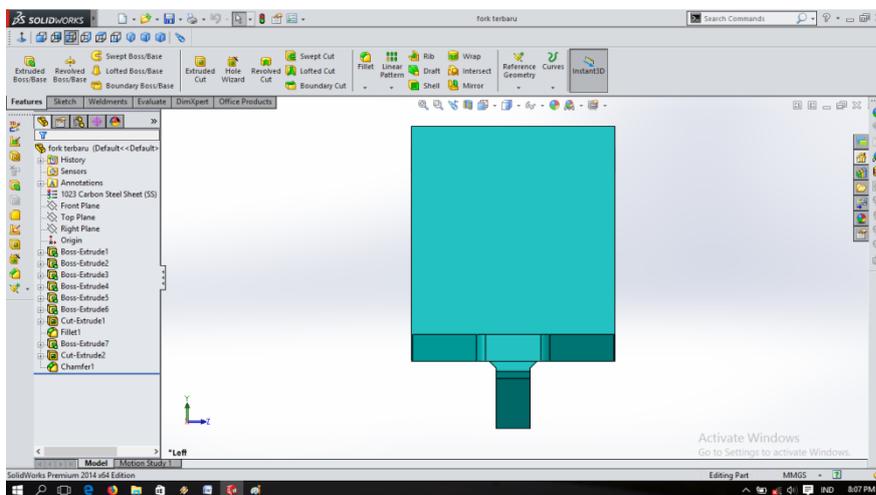
- Desain *carriage* pandangan samping, dengan ukuran tinggi 440 mm, lebar 50 mm, dan celah *sliding carriage* ke *mast* 2,8 mm, dapat dilihat pada gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4.10. Desain *carriage* pandangan samping

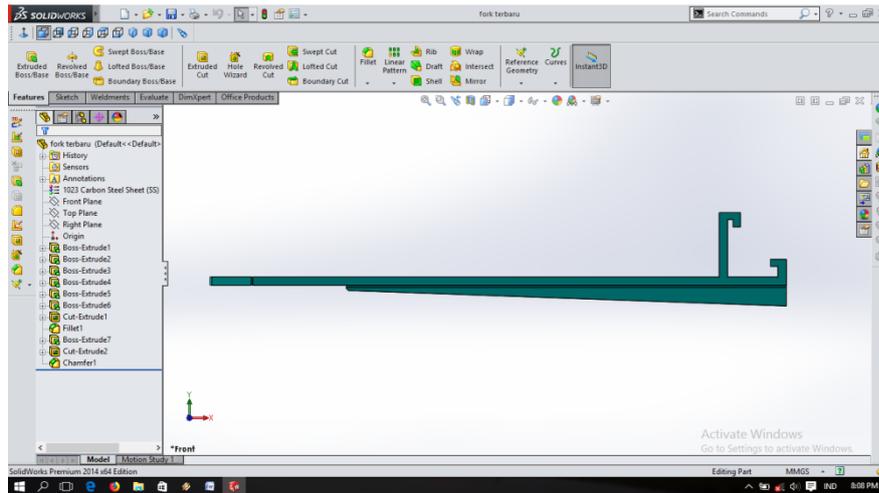
d. Desain *fork*

- Desain *fork* pandangan depan, dengan lebar 60 mm, lebar bagian depan 20 mm, tinggi keseluruhan 90 mm dan lebar tulang bagian bawah 14 mm dapat dilihat pada gambar 4.11 dibawah ini.



Gambar 4.11. Desain *fork* pandangan depan

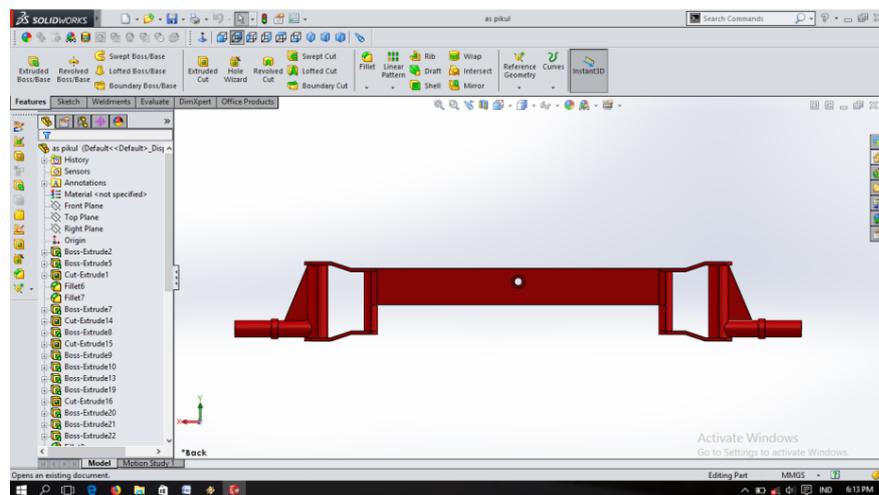
- Desain *fork* pandangan samping, dengan panjang keseluruhan 550 mm, panjang tulang bagian bawah 420 mm, tebal 8 mm, tinggi tiang bagian depan 60 mm dan tinggi tiang bagian belakang 25 mm, dapat dilihat pada gambar 4.12 dibawah ini.



Gambar 4.12. Desain *fork* pandangan samping

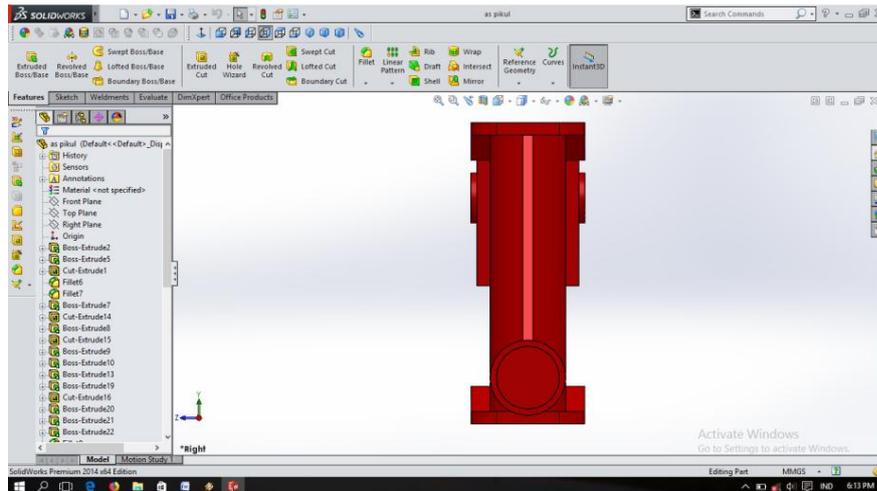
e. Desain poros roda belakang

- Desain poros roda belakang pandangan depan, dengan ukuran panjang 845 mm dan diameter lubang dudukan poros roda 12 mm dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4.13 Desain poros roda belakang pandangan depan

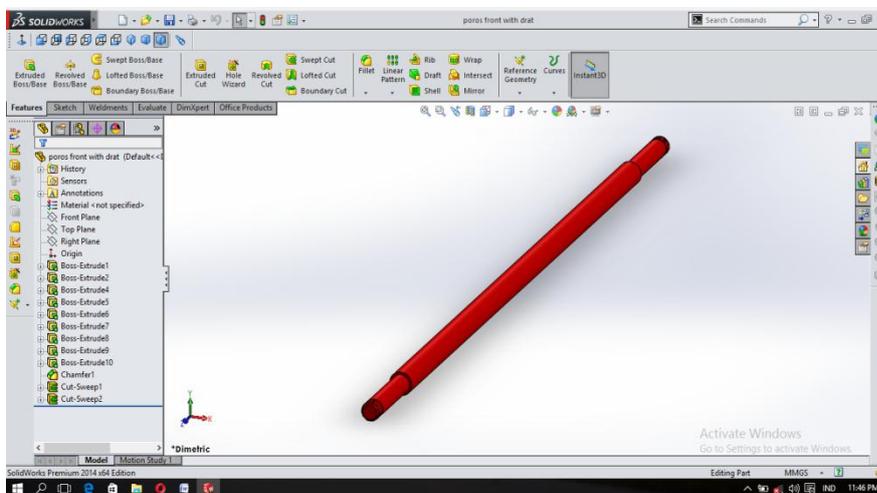
- Desain poros roda belakang pandangan samping, dengan ukuran tinggi 115 mm dan diameter poros roda 25 mm, dapat dilihat pada gambar 4.14 dibawah ini.



Gambar 4.14. Desain poros roda belakang pandangan samping

f. Desain poros roda depan

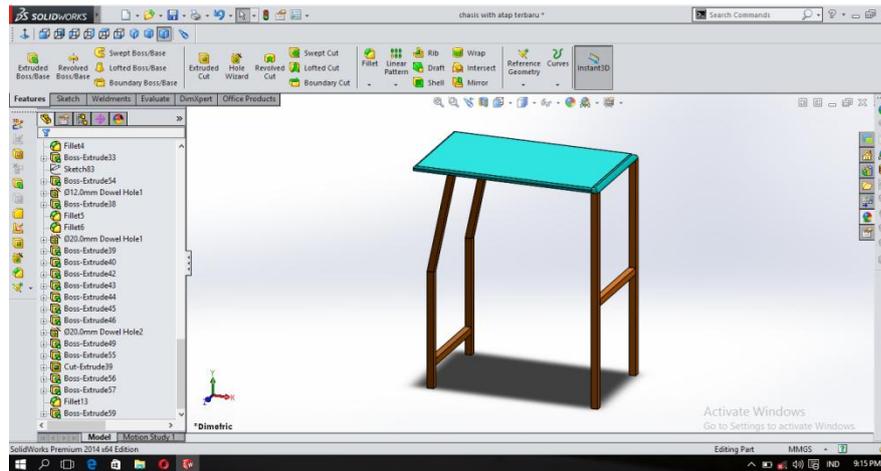
- Desain poros roda dengan posisi pandangan *dimetric* memiliki ukuran panjang 870 mm, diameter 30 mm dan diameter untuk tempat letaknya roda 25 mm, yang ditunjukkan pada gambar 4.15 dibawah ini.



Gambar 4.15. Desain poros roda depan pandangan *dimetric*

g. Desain *overhead guard*

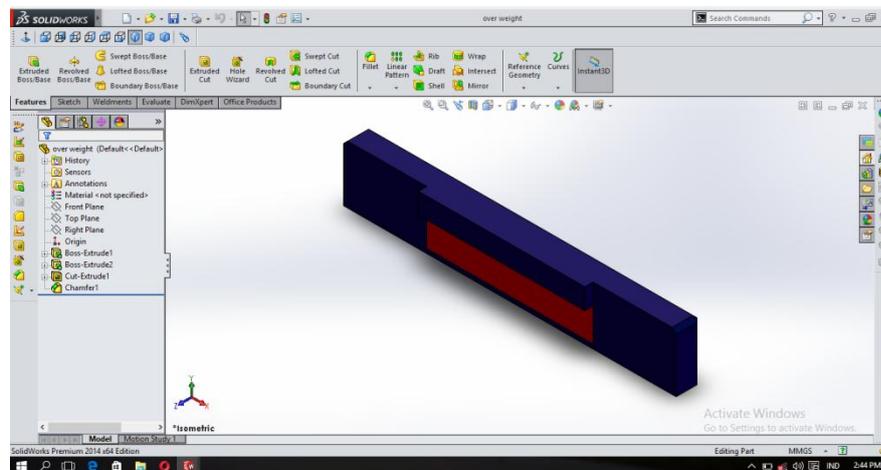
- Desain *overhead guard* pandangan *dimetric* memiliki ukuran panjang atap 830 mm, lebar atap 500 mm, tebal atap 20 mm, tinggi tiang atap 1000 mm, ditunjukkan pada gambar 4.16 dibawah ini.



Gambar 4.16. Desain *overhead guard* pandangan *dimetric*

h. Desain *counter weight*

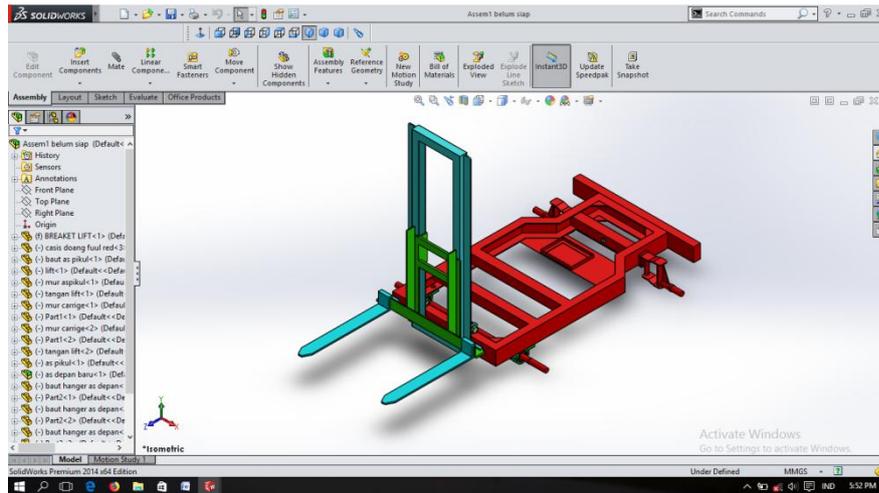
- Desain *counter weight* pandangan *dimetric* memiliki panjang 800 mm, lebar 80 mm dan tinggi 150 mm, ditunjukkan pada gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17. Desain *counter weight* pandangan *dimetric*

i. Perakitan dan penggabungan konstruksi bagian penerima beban utama.

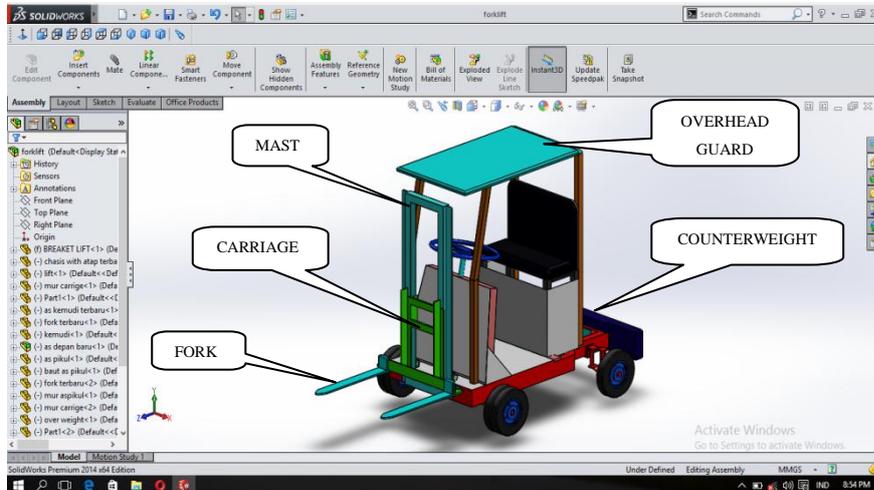
- Desain konstruksi bagian penerima beban utama pada *forklift* yang telah dibuat, maka proses yang akan dilakukan yaitu merakit semua komponen dari hasil desainan dengan menggunakan objek kerja *assembly*, hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.18 dibawah ini.



Gambar 4.18. Desain konstruksi penerima beban utama yang telah dirakit menggunakan *software solidworks 2014*

j. Hasil desain *forklift* mini

- Pada gambar 4.19 dibawah ini yaitu merupakan perakitan kontruksi yang telah selesai didesain, dan seperti inilah *forklift* mini kapasitas 200 kg nantinya jika sudah dibangun (dibuat).



Gambar 4.19. Hasil desain *forklift* mini kapasitas 200 kg

4.2 Analisa Numerik Pada Kontruksi

Untuk menganalisa kekuatan konstruksi, berikut ini diketahui spesifikasi yang digunakan dan dibuat pada saat penelitian.

Diketahui = σ_E (kekuatan tarik bahan poros)	: 460 Mpa (<i>structural steel</i>)
Sf_1 (faktor keamanan bahan)	: 6.0
Sf_2 (faktor keamanan bentuk)	: 1.6
Beban total yang diberikan	: 5000 N

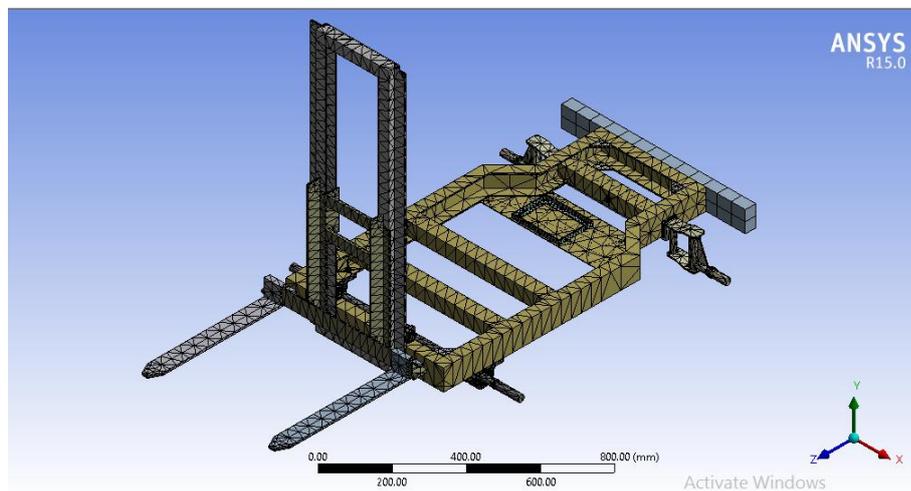
4.3 Simulasi Analisa Menggunakan *Ansys Workbench 15.0*

4.3.1 Memulai simulasi

Didapat beberapa hasil analisa dari simulasi yang telah dijalankan, yaitu : *Total Deformation, Equivalent stress, dan Equivalent elastic strain.*

4.3.2 *Meshing*

Meshing merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. *Meshing* mempengaruhi akurasi, dan kecepatan korvergensi dari solusi. Pemberian *meshing* pada benda kerja diperlihatkan pada gambar 4.20, dilakukan dengan cara : Klik *mesh* → *Generate meshing*.

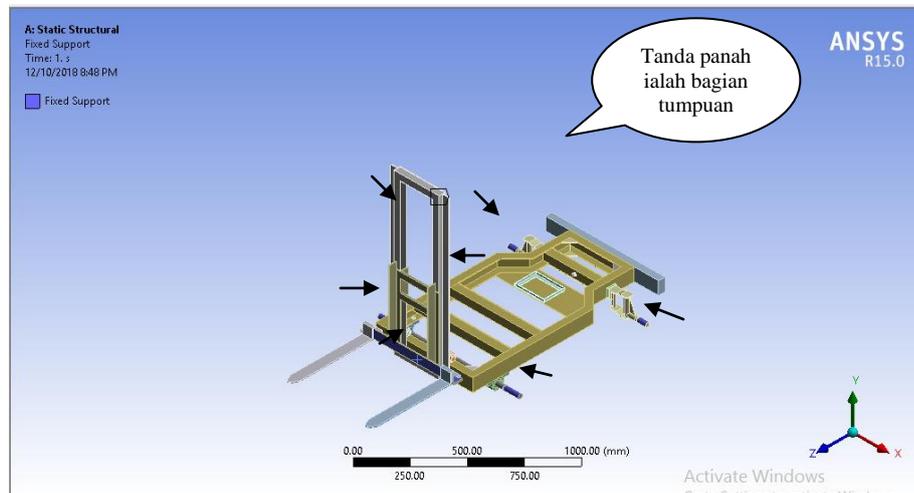


Gambar 4.20. Hasil *Meshing*

4.3.3 *Analysis model*

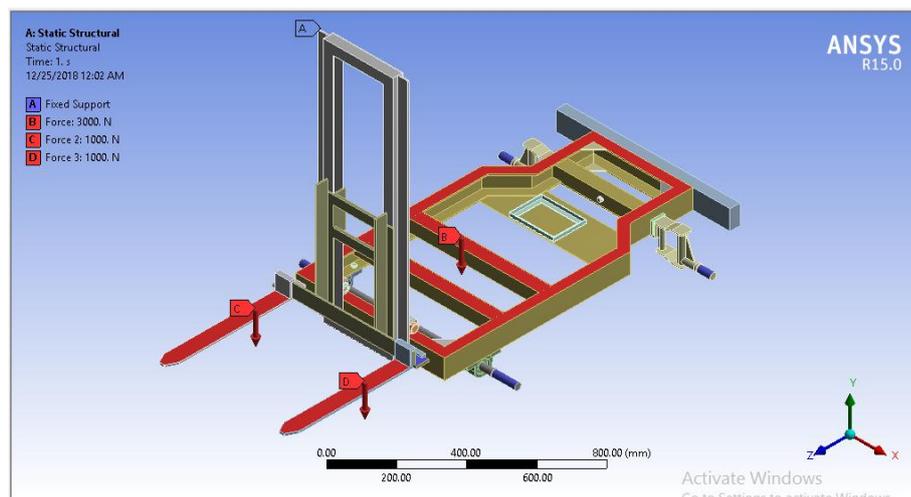
Sebelum memberikan pembebanan pada komponen, langkah yang harus dilakukan ialah memberikan tumpuan (*fixed support*) terlebih dahulu, seperti yang

diperlihatkan pada gambar 4.21 yaitu : Klik kanan pada *static structural* → *fixed support* → klik bagian yang akan dijadikan tumpuan pada model.



Gambar 4.21. Pemberian tumpuan

Untuk melihat hasil simulasi pada konstruksi rangka/chasis klik *solve*. Pada saat memulai simulasi diberi pembebanan aksial sebesar 5000 N, yang diperlihatkan pada tanda panah yang mengarah ke bawah yang berwarna merah seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.22 dibawah ini.



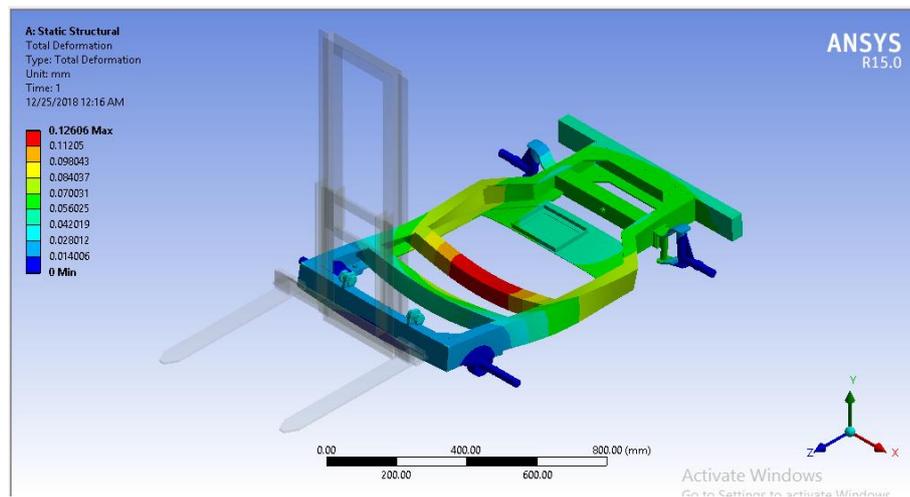
Gambar 4.22. Pemberian beban (*force*) 5000 N

4.3.4 Hasil simulasi *Structural steel* pembebanan 5000 N

1. Bagian rangka (*chassis*)

a. Total *Deformation*

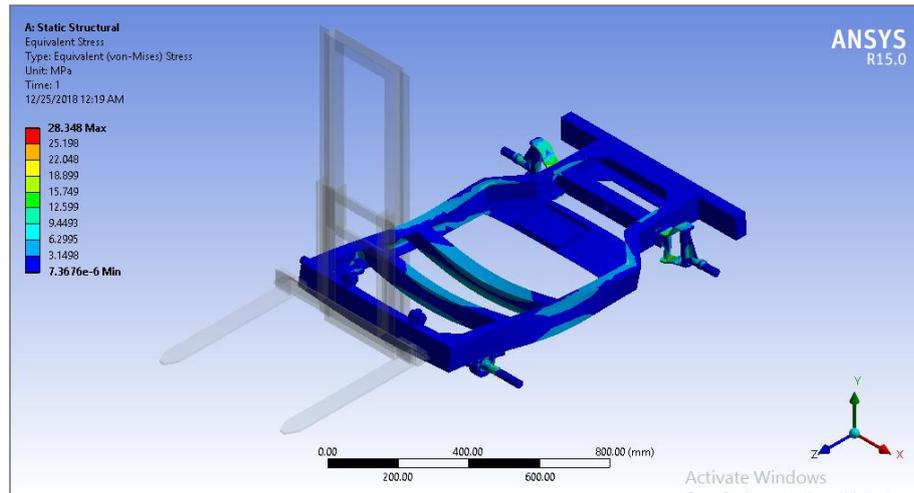
Total *deformation* memperlihatkan simulasi pembebanan diberi warna merah karena paling terbebani. Yang aman adalah bagian yang warnanya tidak melebihi warna biru muda, total *deformation* dari rangka ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu material atau benda. Jika dilihat dari segi bentuk, dimensi dan posisinya, rangka mengalami sedikit perubahan, daerah kritis ialah sebesar *Max* 0,11205 mm dan nilai *Min* 0 mm, seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.23 dibawah ini.



Gambar 4.23. Total *deformation* konstruksi rangka (*chassis*)

b. *Equivalent stress*

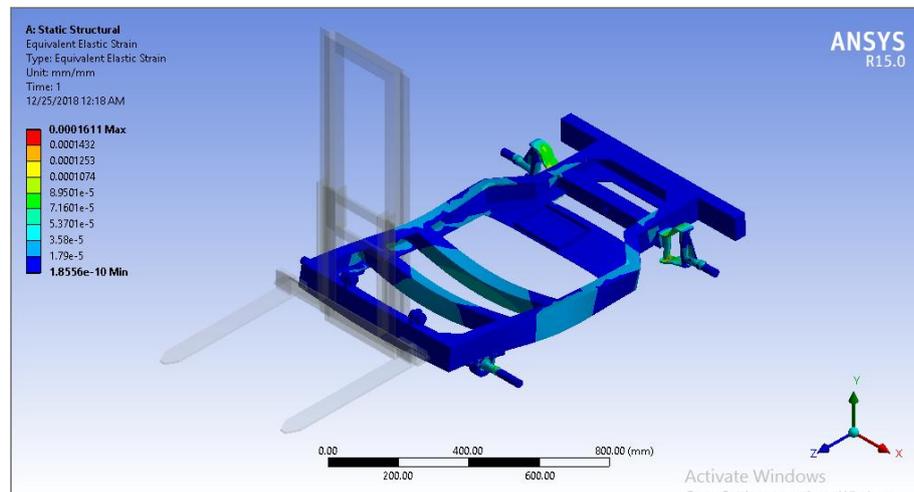
Hasil simulasi *equivalent stress* yaitu penggabungan antara beban elastis ditambah dengan beban aksial. Memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* 28,348 Mpa ditandai dengan warna merah, karena daerah tersebut paling terbebani atau kritis dan *Min* 7,3676e-6 Mpa, sedangkan bagian yang berwarna biru tua daerah yang aman. Diperlihatkan pada gambar 4.24 dibawah ini.



Gambar 4.24. *Equivalent stress* akibat pembebanan

c. *Equivalent elastic strain*

Hasil simulasi *equivalent elastic strain* menunjukkan simulasi pembebanan *Max* 0,0001611 mm dan *Min* 1,8556e-10 mm. Susunan warna yang paling merah warnanya adalah daerah yang kritis atau daerah paling terbebani, dari hasil simulasi ini didominasi warna biru tua yang artinya daerah aman seperti diperlihatkan pada gambar 4.25 dibawah ini.

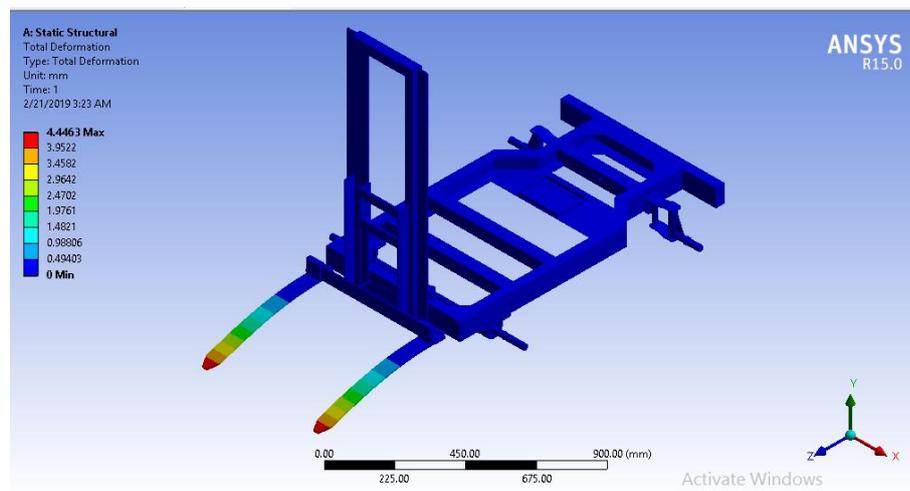


Gambar 4.25. *Equivalent elastic strain* akibat pembebanan

2. Bagian *lift*

a. Total *deformation*

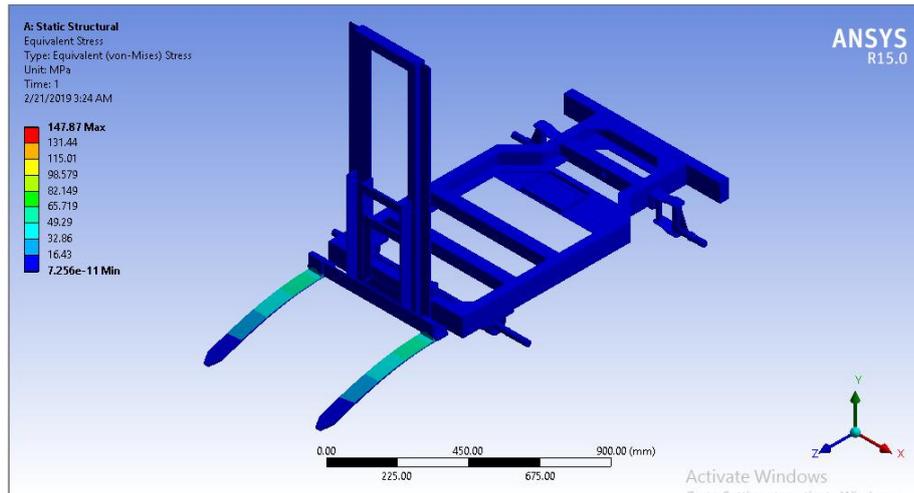
Total *deformation* memperlihatkan simulasi pembebanan diberi warna merah karena paling terbebani. Yang aman adalah bagian yang warnanya tidak melebihi warna biru muda, total *deformation* dari rangka ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu material atau benda. Jika dilihat dari segi bentuk, dimensi dan posisinya, konstruksi lift mengalami sedikit perubahan, daerah kritis ialah sebesar *Max* 4,4463 mm dan nilai *Min* 0 mm, seperti yang diperlihatkan pada gambar 4.26 dibawah ini.



Gambar 4.26. Total *deformation* konstrkruksi *lift*

b. *Equivalent stress*

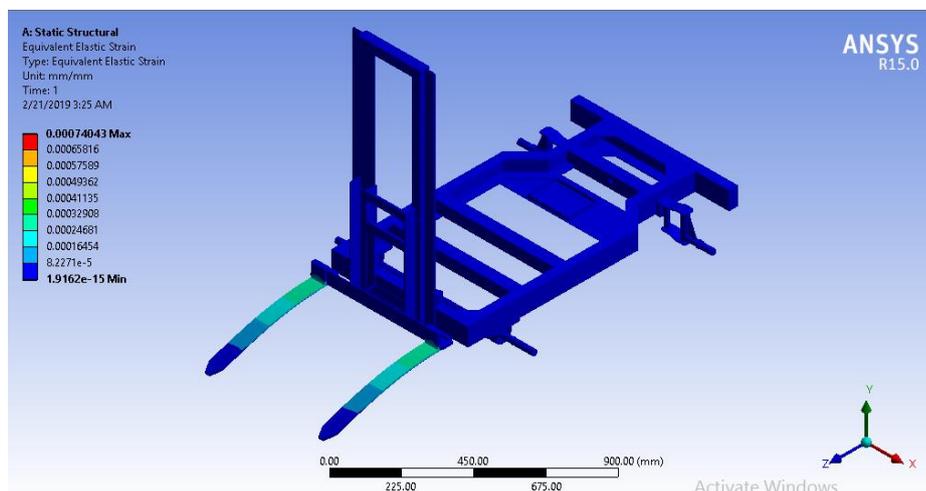
Hasil simulasi *equivalent stress* yaitu penggabungan antara beban elastis ditambah dengan beban aksial. Memperlihatkan simulasi pembebanan *Max* 147,87 Mpa ditandai dengan warna merah, karena daerah tersebut paling terbebani atau kritis dan *Min* 7,256e-11 Mpa, sedangkan bagian yang berwarna biru tua daerah yang aman. Diperlihatkan pada gambar 4.27 dibawah ini.



Gambar 4.27. *Equivalent stress lift akibat pembebanan*

c. Equivalent elastic strain

Hasil simulasi *equivalent elastic strain* menunjukkan simulasi pembebanan *Max* 0,00074043 mm dan *Min* 1,9162e-15 mm. Susunan warna yang paling merah warnanya adalah daerah yang kritis atau daerah paling terbebani, dari hasil simulasi ini didominasi warna biru tua yang artinya daerah aman seperti diperlihatkan pada gambar 4.28 dibawah ini.



Gambar 4.28. *Equivalent elastic strain lift akibat pembebanan (Muhammad Sandhy Novian), Rahmawaty, S.T., M.T., 2016)*

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi menggunakan perangkat lunak *Ansys workbench 15.0*, dengan menggunakan bahan atau material *Structural steel*, maka diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Hasil simulasi dengan pembebanan 5000 N didapatkan nilainya :

1) Bagian konstruksi rangka (*chassis*)

- Total *deformation* maksimal = 0,11205 mm
- *Equivalent stress* maksimal = 28,348 Mpa
- *Equivalent elastic strain* maksimal = 0,0001611 mm

2) Bagian konstruksi pengangkat beban *lift*

- Total *deformation* maksimal = 4,4463 mm
- *Equivalent stress* maksimal = 147,87 Mpa
- *Equivalent elastic strain* maksimal = 0,00074043 mm

Hasil diatas merupakan perolehan dari simulasi yang dilakukan pada konstruksi *forklift* dengan diberikan beban total sebesar 5000 N, pembebanan 5000 N ini merupakan 2000 N untuk beban angkatan *lift*, dan 3000 N untuk beban pada rangka (*chassis*), yang merupakan beban pengemudi *forklift*, beban mesin, beban penyeimbang kestabilan *forklift* dan komponen pendukung lainnya. Maka dengan melihat hasil dari hasil simulasi diatas, konstruksi *forklift* mini ini bisa dilakukan pembuatan dan aman untuk dioperasikan.

5.2 Saran

1. Untuk pengembangan lebih lanjut, akan lebih baik jika perancangan konstruksi ditinjau ulang.
2. Untuk pengembangan lebih lanjut, akan lebih baik jika dilakukan analisa kekuatan konstruksi *forklift* pada kondisi beban dinamis.
3. Bagi yang ingin melakukan pengembangan lebih lanjut, akan lebih baik jika pemilihan material dan beban yang akan diterima ditinjau ulang untuk hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Yusron Arif, 5 januari 2019. Pengertian desain, jenis dan prinsip dasar. <http://rocketmanajemen.com/definisi-desain/&ved>. Diakses pada 8 agustus 2018.
- Ahmad Hidayat Siregar, (2018) Analisa Kekuatan Rangka Pada *Prototype Belt Conveyor*. Laporan Tugas Akhir. Medan: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Hal 25-48. Diakses pada 12 april 2018.
- Arif Syamsudin, 19 april 2010, Pengertian *solidworks*. <http://arifsyamsudin.wordpress.com>. Diakses pada 13 juli 2018.
- Dr.-Ing. Mohammad Yamin), Widyo Purwoko, 2014. Perancangan *box* dan analisis *static* rangka *conveyor* menggunakan *software catia*. Jurnal *belt conveyor* universitas Gunadarma. Diakses pada 6 maret 2018.
- Eris Kusnadi, 15 september 2012, *Software-software* untuk pekerjaan *engineering*. <http://eriskusnadi.com>. Diakses pada 30 juni 2012.
- Evan Dwi Nugraha Iskandar, senin 26 mei 2014. Pengertian gambar teknik & macam-macam alat gambar. <http://kosongsembilan09.blogspot.com>. Diakses pada 11 juni 2018
- <http://www.pemodelankekakuanrangka.com>. Diakses pada 5 oktober 2018.
- Mas Suya, 18 desember 2011, Karakteristik dasar pemilihan bahan.<http://suya-share.blogspot.com>. Diakses pada 4 april 2018.
- Muhammad Sandhy Novian), Rahmawaty, S.T., M.T, 9 februari 2016. Perancangan sasis mobil harapan dan analisa simulasi pembebanan statik menggunakan perangkat lunak *ansys*. <http://journal.stth-medan.ac.id>. hal 7-10 diakses Pada 5 oktober 2018.
- Nakasone. Y. T. A. Stolarski dan S. Yoshimoto, 2006. *Engineering Analysis With Ansys software*. Jordan Hill: Elseiver Butterworth-Heinemann. Diakses pada 12 april 2018.
- Rahmawati Ati, 2 mei 2016, Pengertian *forklift*, fungsi dan bagiannya. <http://alat-berat07.blogspot.com>. Diakses pada 12 maret 2018.
- Wagino, 2012, *Forklift*.<http://kerockan.blogspot.com/2012/mengenalbagian-bagianpadaforklift.html>. Diakses pada 30 maret 2018.
- Ys Ryanto, 2016. Pengertian *solidworks* hal 13 jurnal teknik mesin. Diakses pada 12 april 2018.

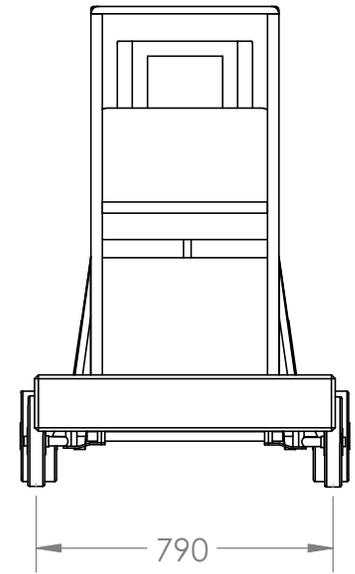
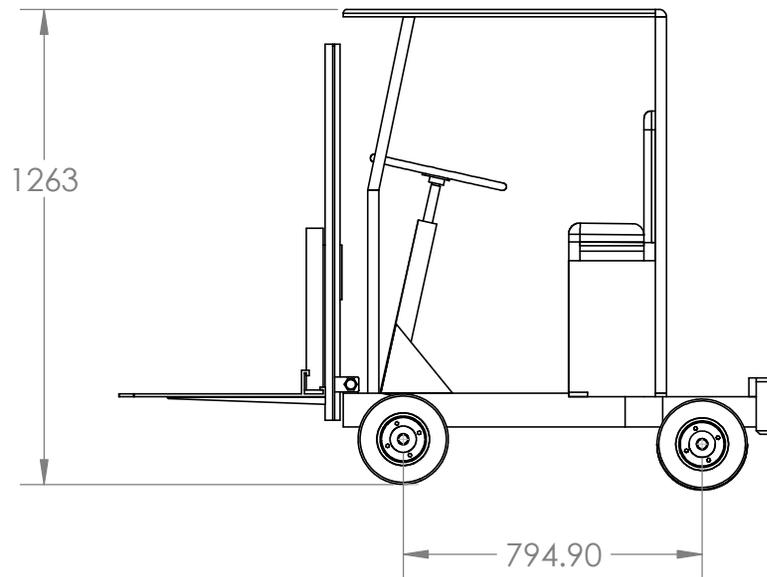
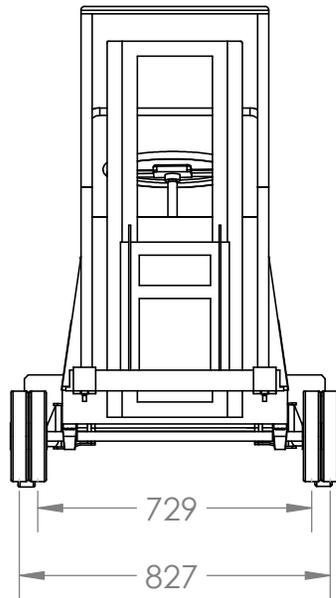
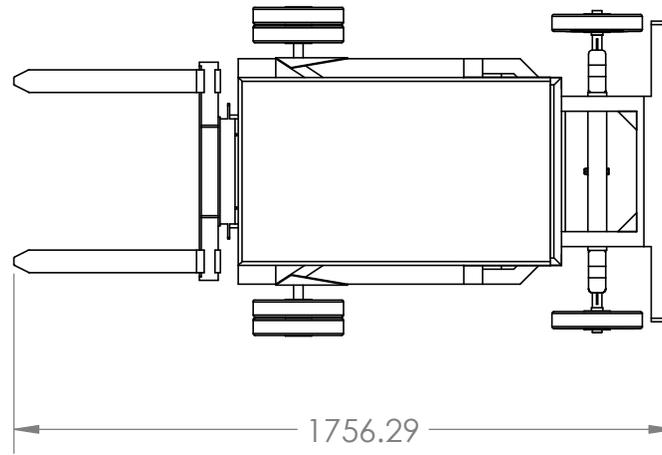
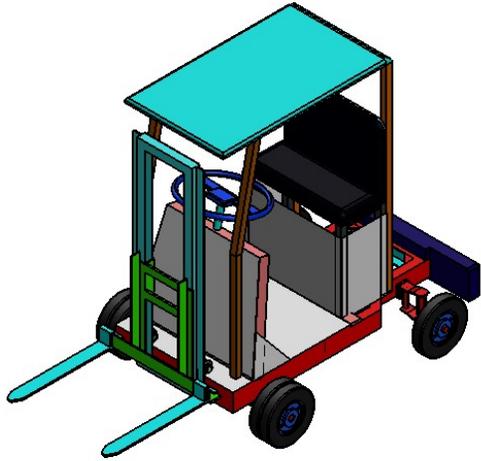
Zulfadly Saleh S, 26 september 2014. Analisis Numerik. www.zulfadlysaleh.tk.
Diakses pada 12 april 2018.

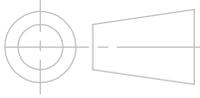
LAMPIRAN

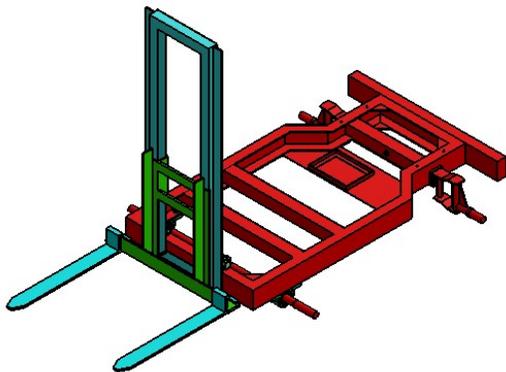
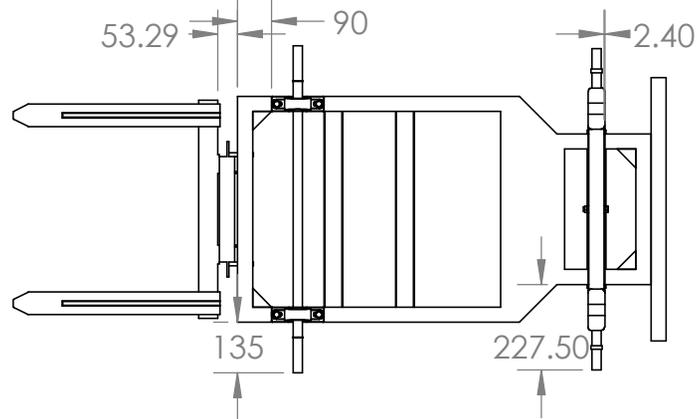
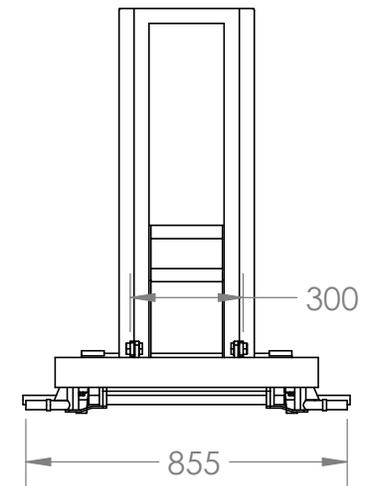
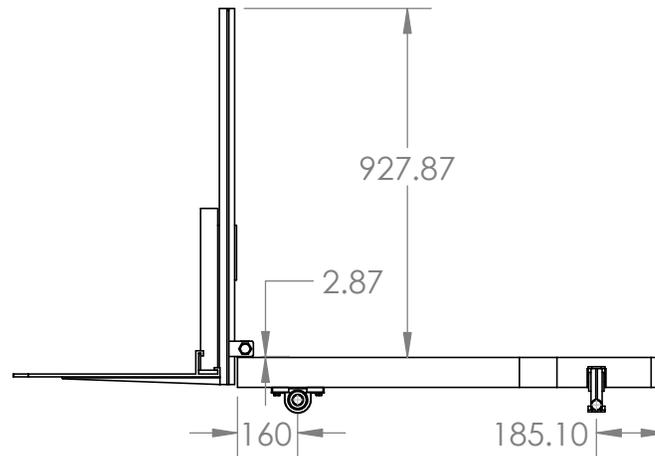
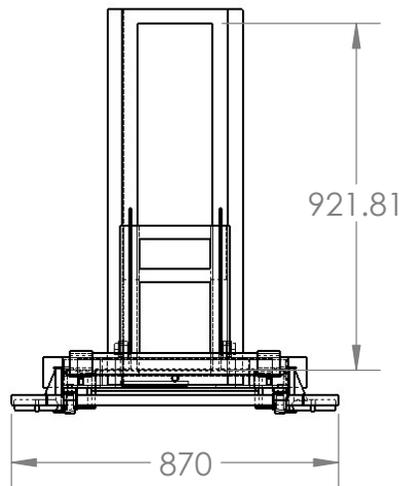
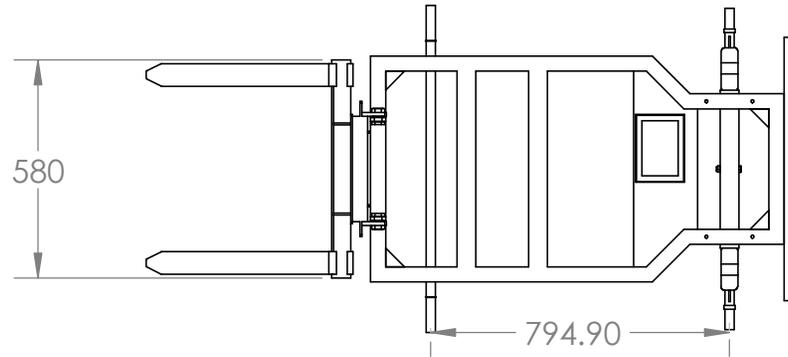
1. Hasil Gambar Teknik *Forklift* Mini Kapasitas 200 Kg

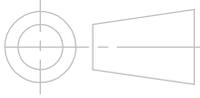
Gambar teknik yang telah dibuat, merupakan perancangan awal sebelum dilakukan perancangan atau pendesaianan konstruksi dengan bentuk 3 dimensi, berikut ini merupakan nama-nama konstruksi yang akan dirancang dan hasil gambar teknik dapat dilihat seperti gambar berikut.

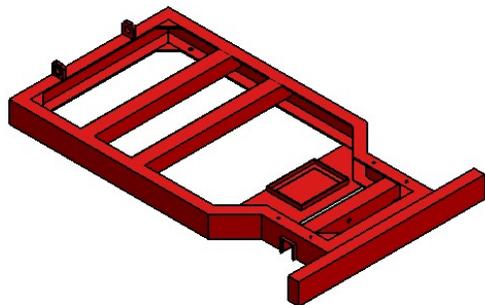
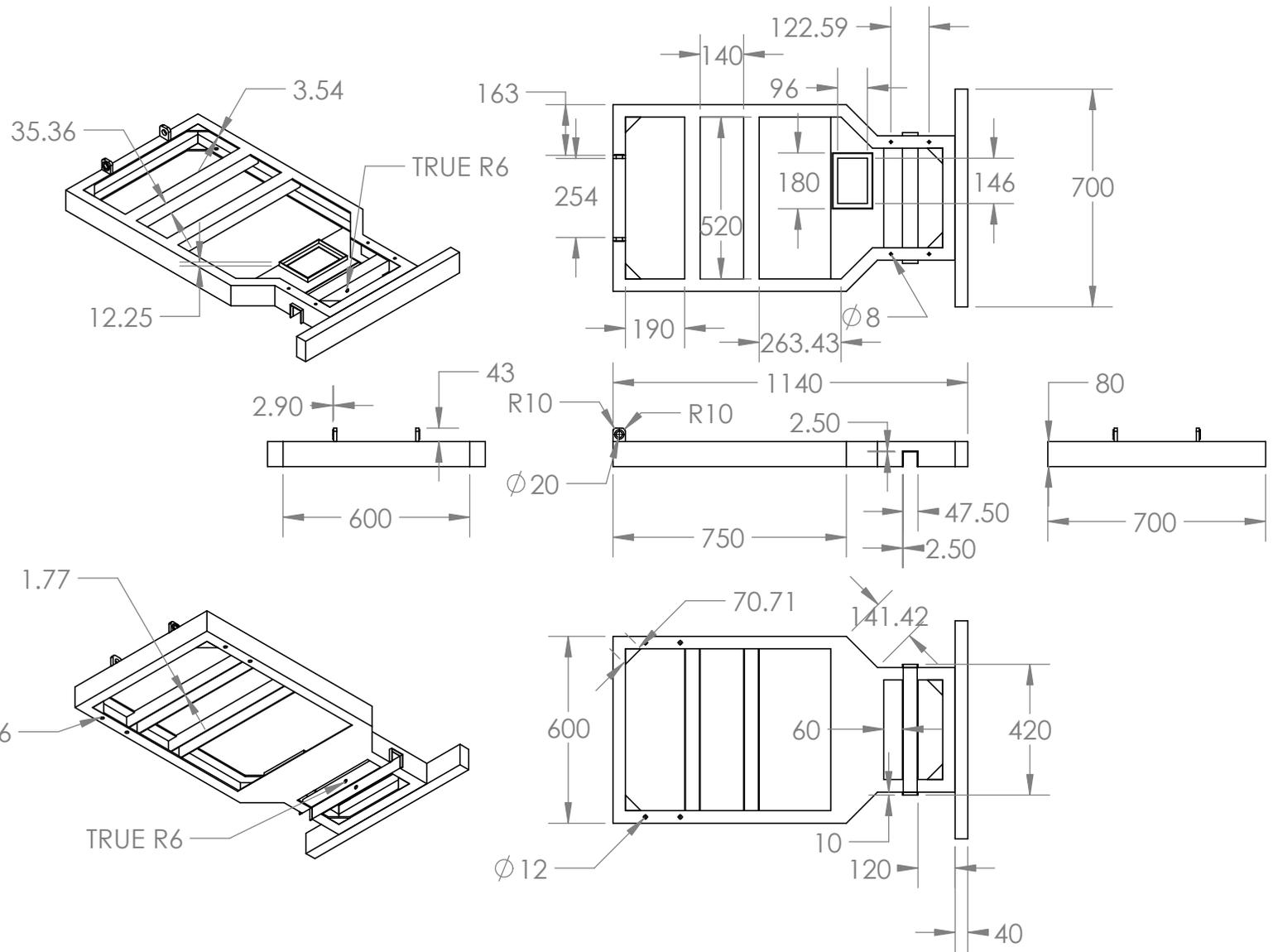
1. Rangka (*chassis*)
2. *Mast*
3. *Carriage*
4. *Fork*
5. *Overhead guard*
6. *Counter weight*
7. Poros roda depan
8. Poros roda belakang
9. Hasil *assembly* konstruksi *forklift* mini
10. Hasil *forklift* mini kapasitas 200 kg



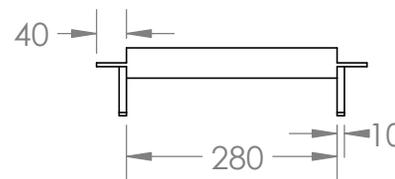
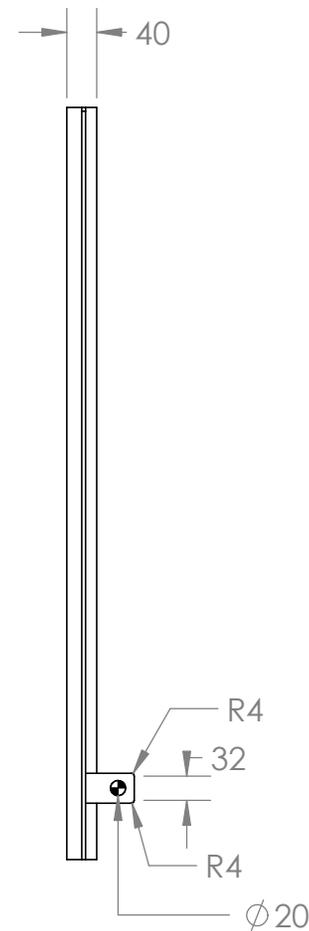
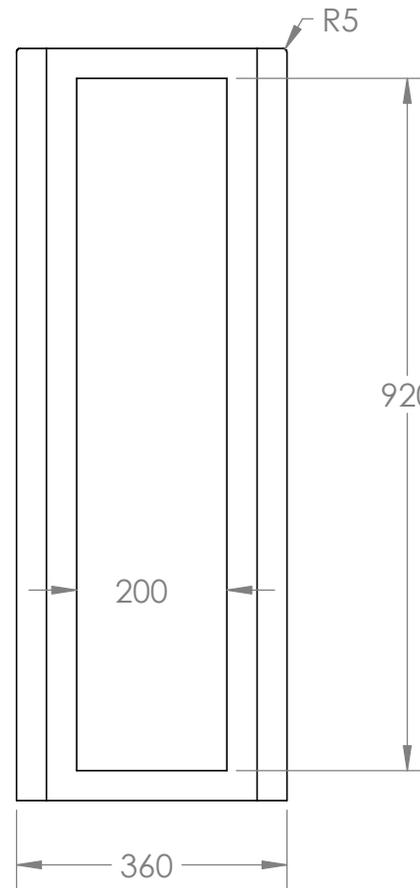
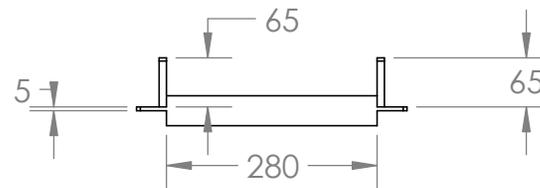
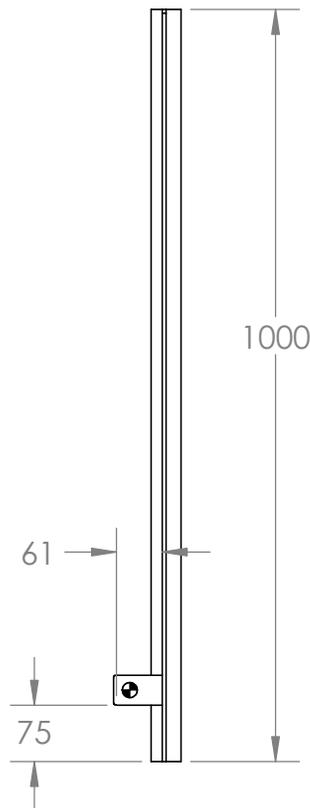
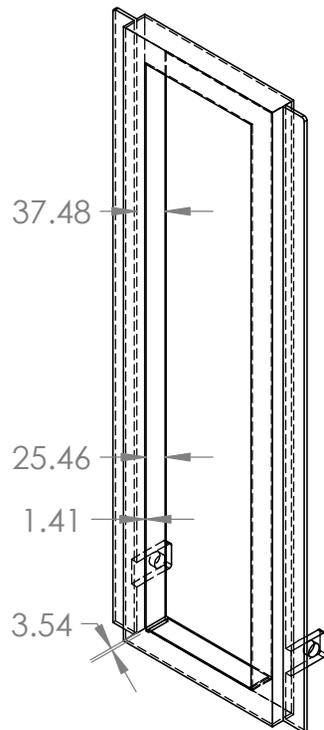
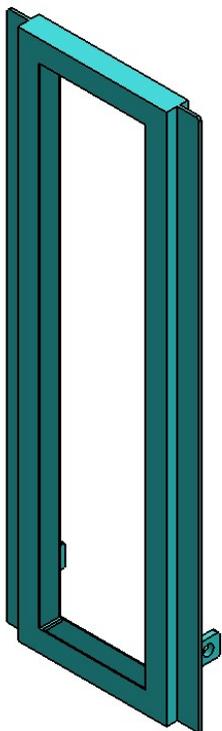
	Skala : 1 : 20	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :	
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3		
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :		
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU	<i>FORKLIFT</i> MINI KAPASITAS 200 KG	<i>No.</i>	<i>A4</i>	



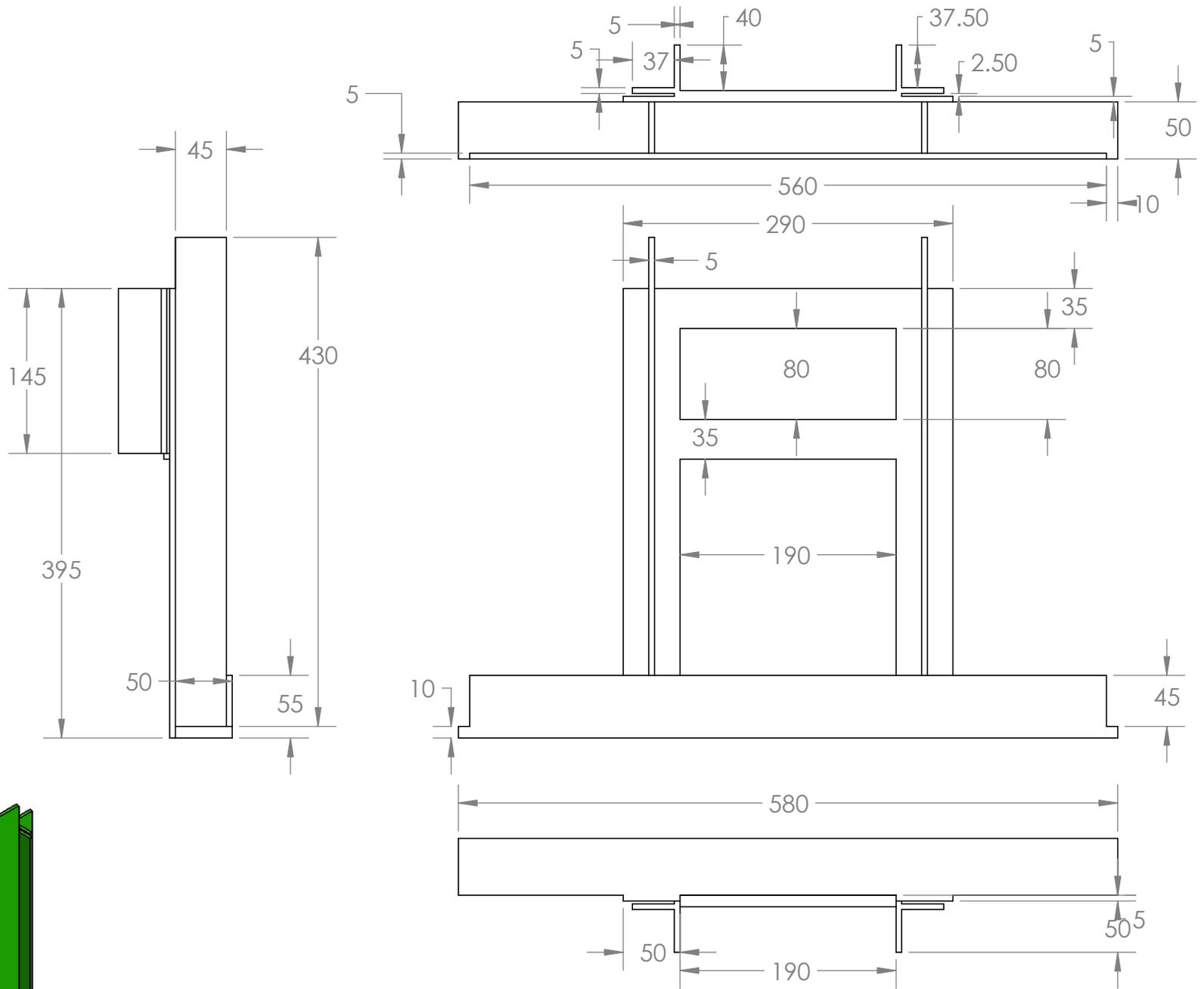
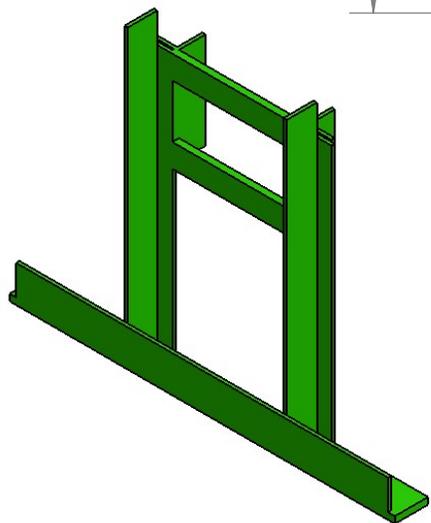
	Skala : 1 : 20	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :		
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3			
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :			
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU		ASSEMBLY KONSTRUKSI FORKLIFT MINI		No.	A4



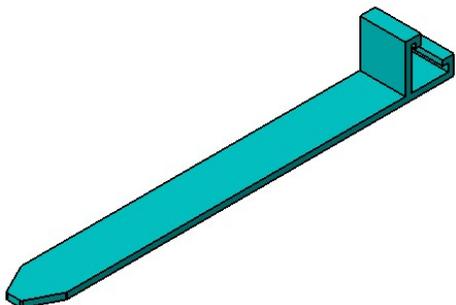
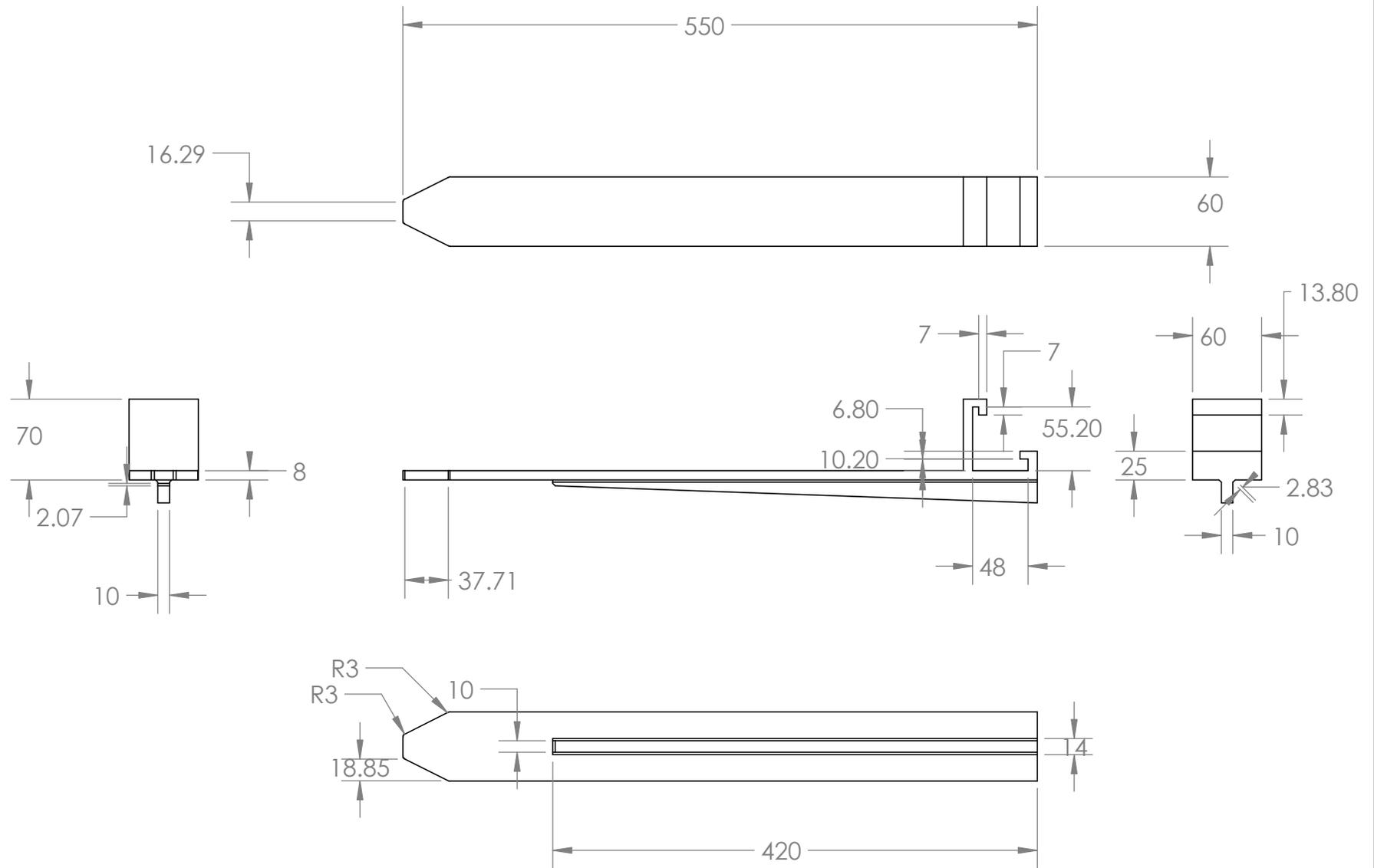
	Skala : 1 : 20	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :		
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3			
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :			
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU		RANGKA (CHASSIS)		No.	A4

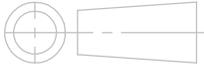


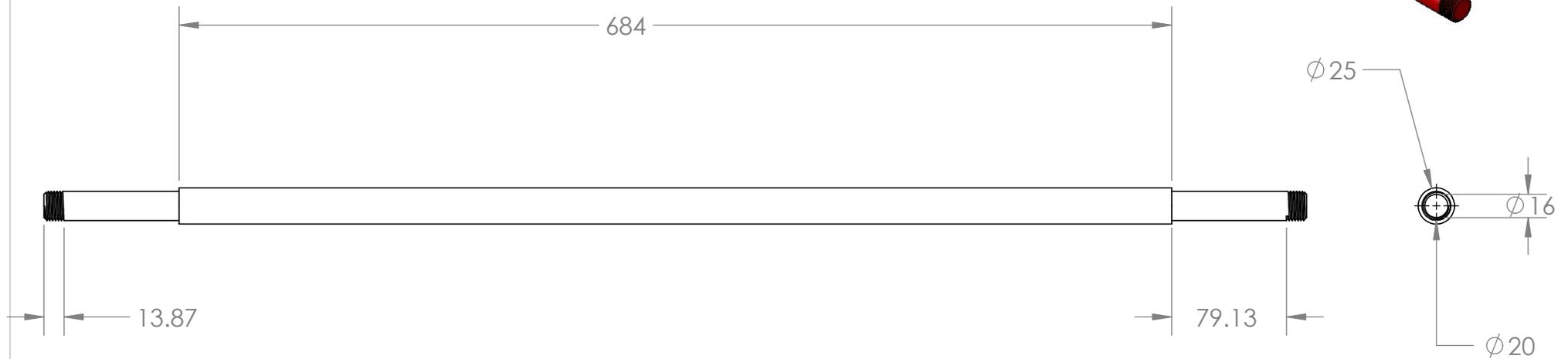
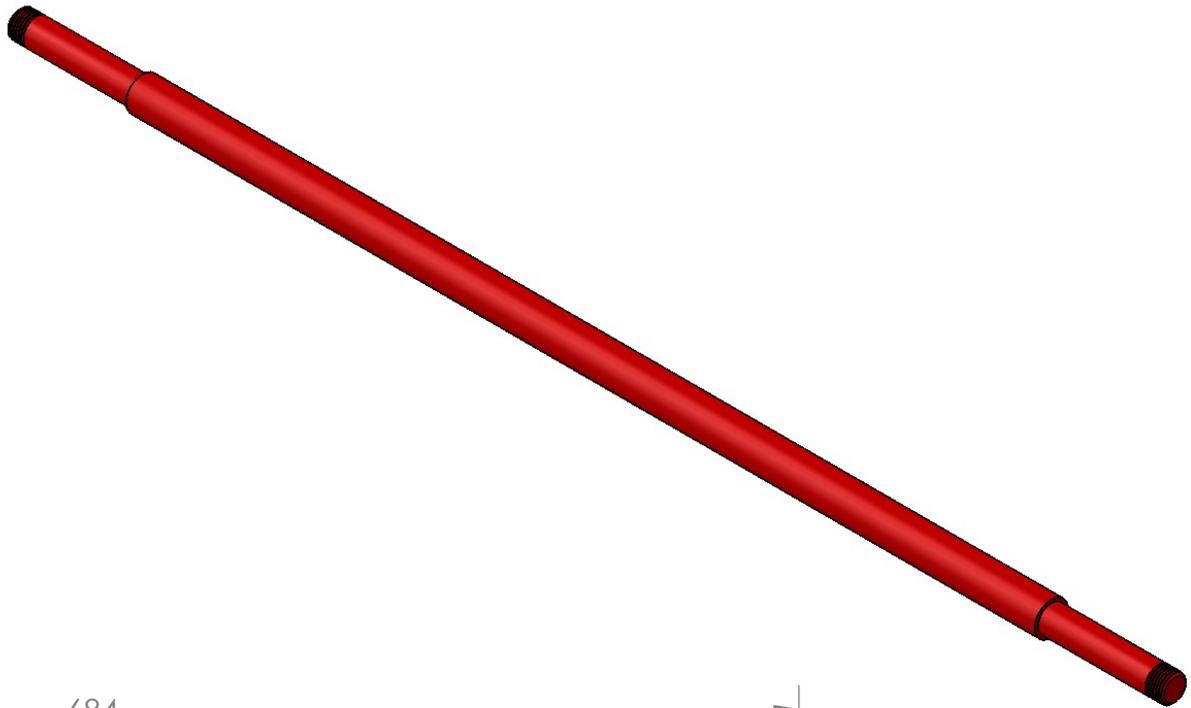
	Skala : 1 : 10	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :		
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3			
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :			
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU		MAST		No.	A4



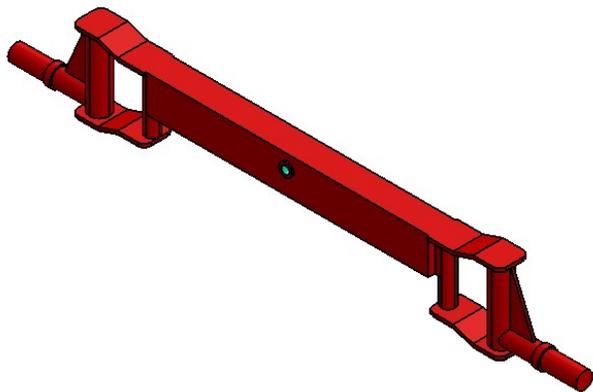
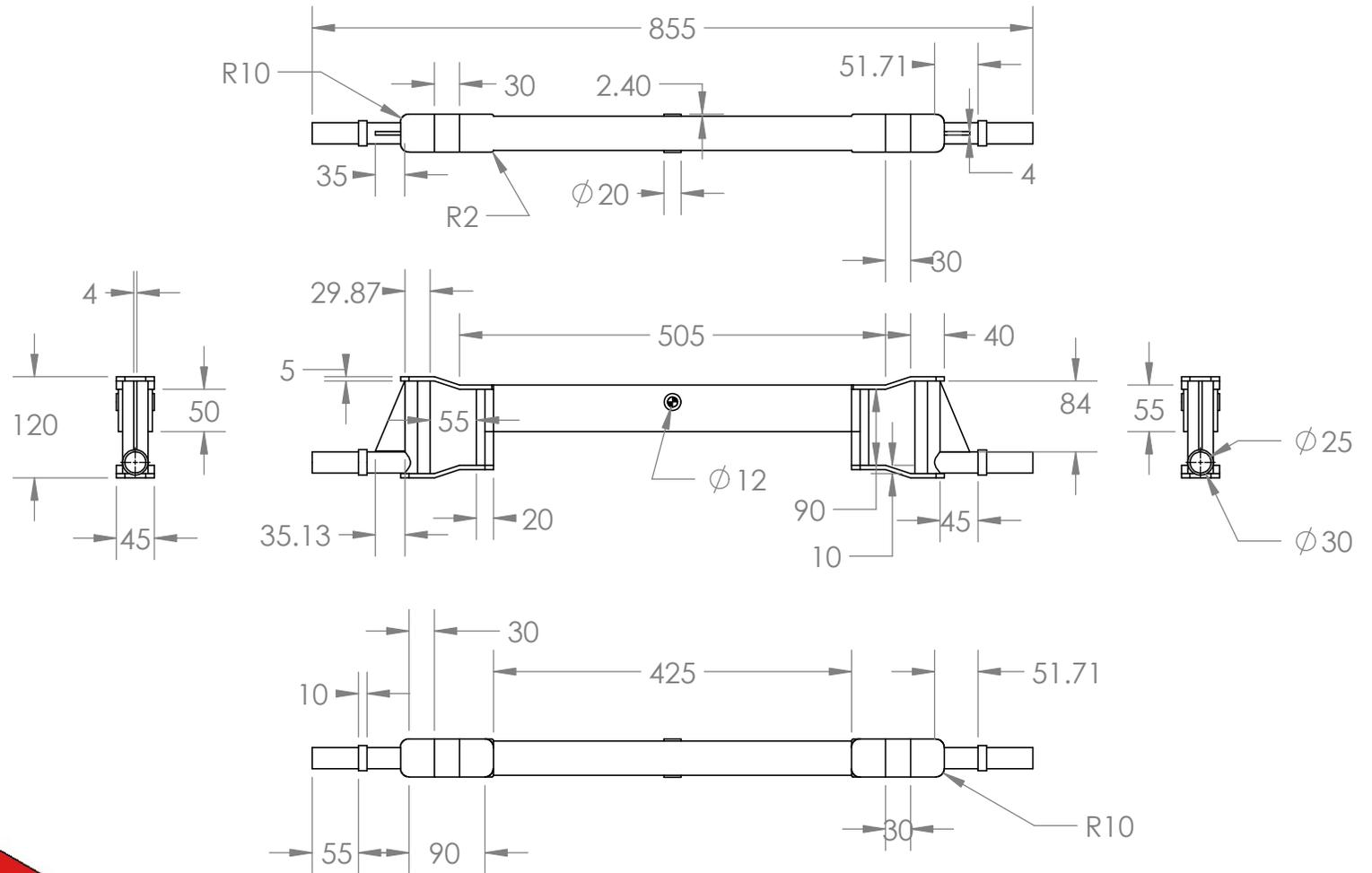
	Skala : 1 : 5	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :		
	Satuan ukuran : mm	kelas : B3			
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :			
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU		CARRIAGE		No.	A4



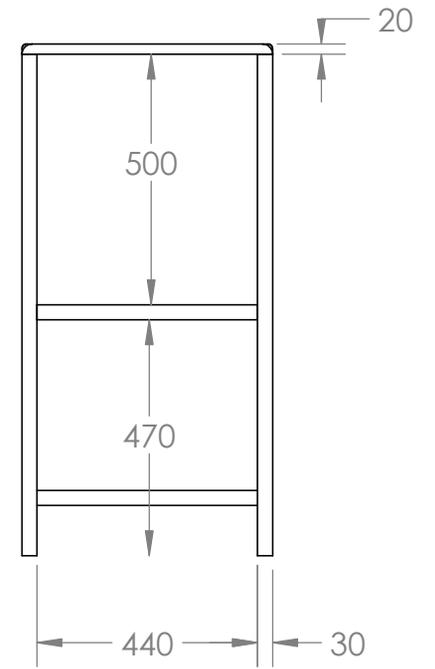
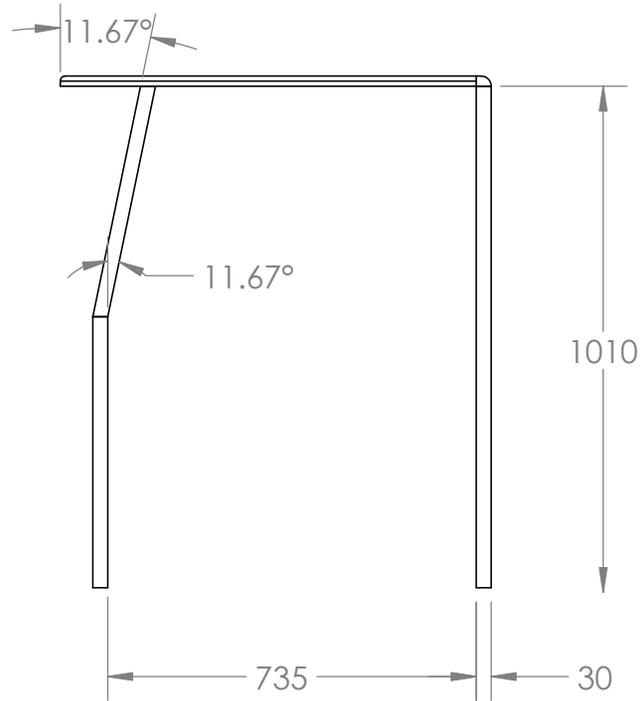
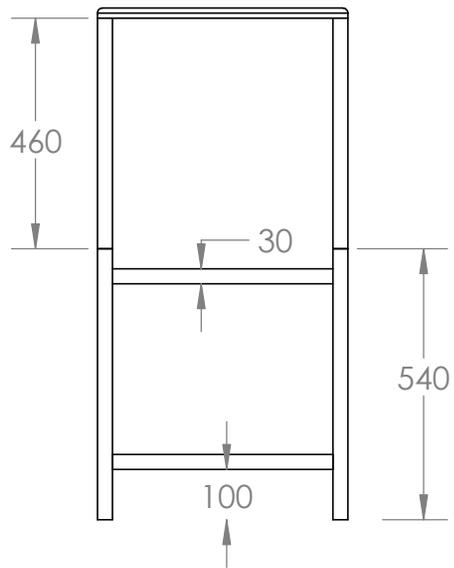
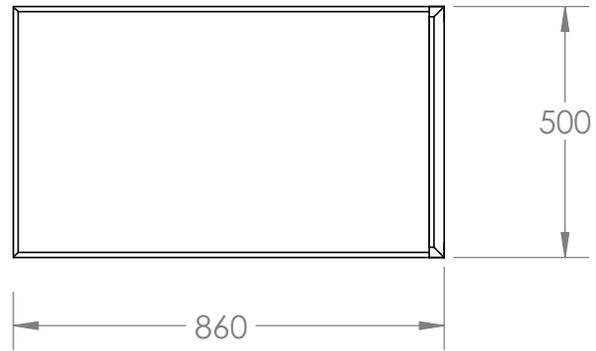
	Skala : 1 : 5	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :		
	Satuan ukuran : mm	kelas : B3			
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :			
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU		FORK		No.	A4



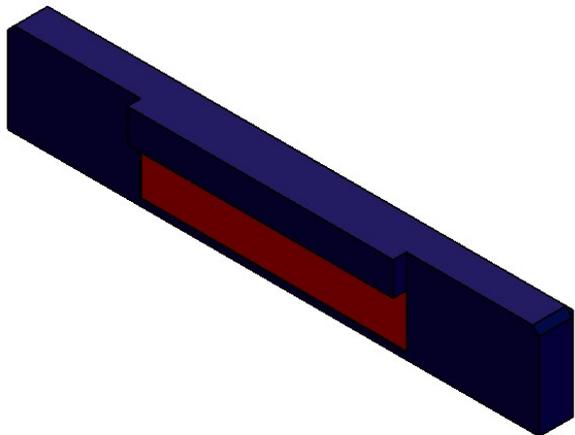
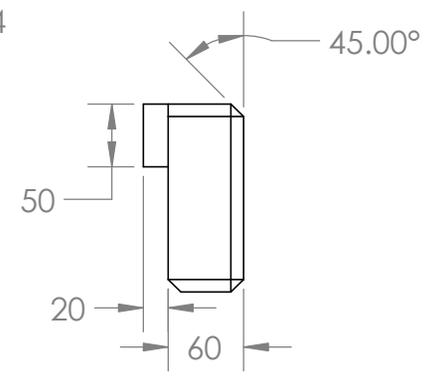
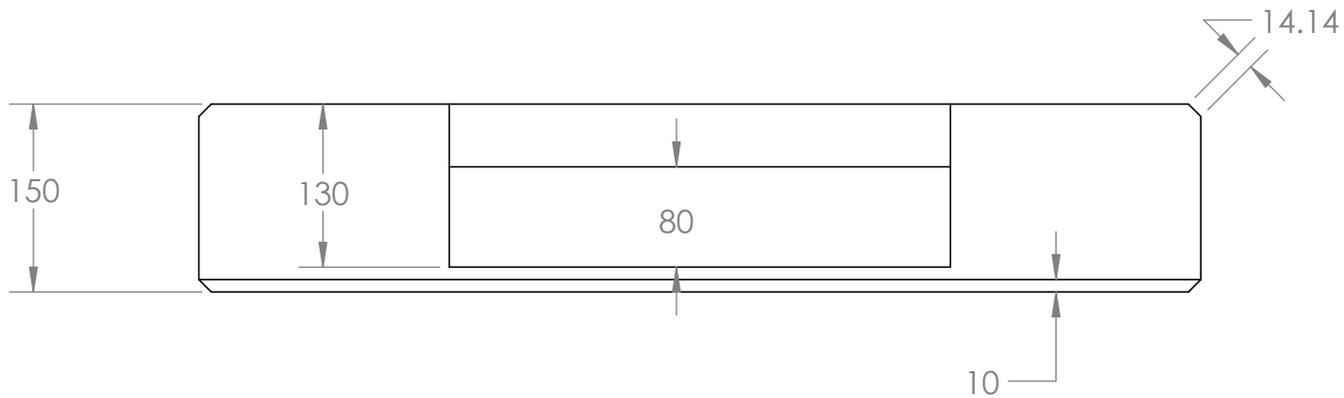
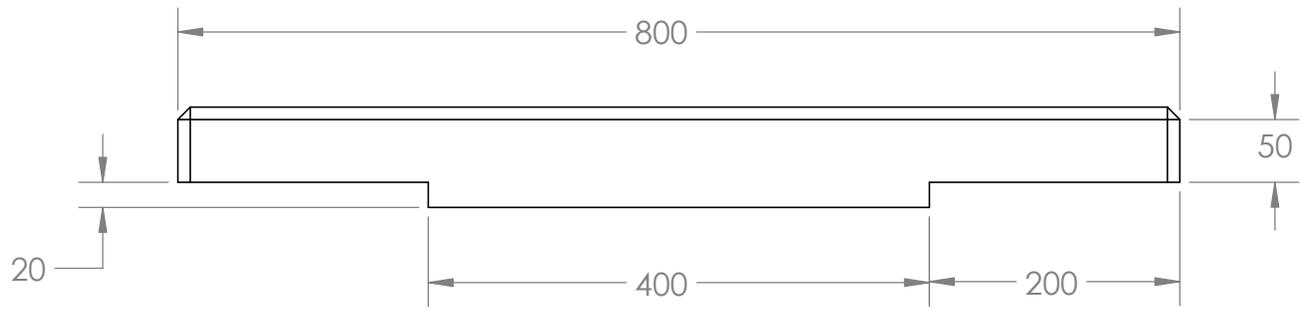
	Skala : 1 : 4	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :	
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3		
	Tanggal : 13 Juni 2018	Diperiksa :		
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU	POROS RODA DEPAN		No.	A4



	Skala : 1 : 8	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :		
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3			
	Tanggal : 13 Juni 2018	Diperiksa :			
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU		POROS RODA BELAKANG		No.	A4



	Skala : 1 : 15	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :	
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3		
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :		
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU	OVERHEAD GUARD	No.	A4	



	Skala : 1 : 6	Digambar : AHMAD RIFAI	Peringatan :		
	Satuan ukuran : mm	Kelas : B3			
	Tanggal : 13 juni 2018	Diperiksa :			
TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN UMSU		COUNTER WEIGHT		No.	A4

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Perancangan Konstruksi Pada Forklift Mini Kapasitas 200 Kg Untuk Usaha Kecil Menengah (UKM)

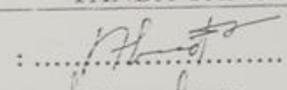
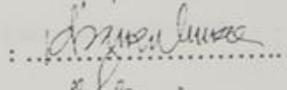
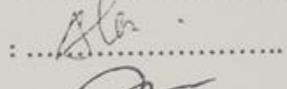
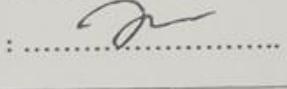
Nama : Ahmad Rifai
NPM : 1407230278

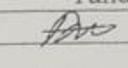
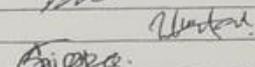
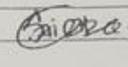
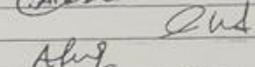
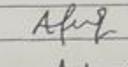
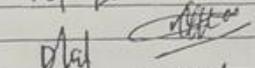
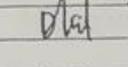
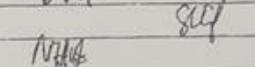
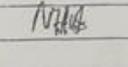
Dosen Pembimbing 1 : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T
Dosen Pembimbing 2 : Khairul Umurani, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Rabu $\frac{21}{3}$ 2018	- Perbaiki Bab 1 0 Perbaiki latar belakang	Off.
2.	Kamis $\frac{17}{5}$ 2018	- Perbaiki format tulisan 0 Bab - 2 perbaiki dan lengkapi	Off.
3.	Kamis $\frac{9}{7}$ 2018	- Bab 3 perbaiki dan lengkapi	Off.
4.	Rabu $\frac{15}{8}$ 2018	- Perbaiki lagi & lanjutkan	Off.
5.	Rabu $\frac{3}{10}$ 2018	- Lanjut Bab 4.	Off.
6.	Senin $\frac{5}{11}$ 2018	- Perbaiki Analisa data	Off.
7.	Senin $\frac{10}{12}$ 2018	- Perbaiki kesimpulan	Off.
8.	Senin $\frac{17}{12}$ 2018	- Kembali ke pembimbing I	Off.
9.	Senin $\frac{7}{1}$ 2019	- Lengkapi metode dan hasil.	Off.
10.	Rabu $\frac{9}{1}$ 2019.	- persiapan Seminar	Off.

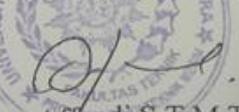
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Ahmad Rifai
 NPM : 1407230278
 Judul Tugas Akhir : Perancangan Konstruksi Pada Forklift Mini Kapasitas -
 200 Kg Untuk Usaha Kecil Menengah (UKM).

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

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230089	Dheo Edy Pratama	
2	1407230279	M. Rizki Riadi	
3	1407230121	Eko Saigabe	
4	1407230180	Bayu Prasetyo	
5	1407230187	Muhammad Apri Yuda	
6	1407230239	Judistira Suganda	
7	1407230055	Dimas Prayogi	
8	1407230214	Gony Pratama	
9	1407230910	Mitra Darma	
10			

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

Ketua Prodi. P. Mesin

 Affandi.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmad Rifai
NPM : 1407230278
Judul T.Akhir : Perancangan Konstruksi Pada Forklift Mini Kapasitas 200 Kg
Untuk Usaha Kecil Menengah.

Dosen Pembimbing - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Sudirman Lubis.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Beki Suroso.S.T.M.Eng

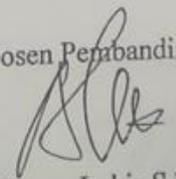
KEPUTUSAN

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

Medan 04 Jum.Akhir 1440H
04 Februari 2019 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T Mesin



Dosen Pembanding- I

Sudirman Lubis.S.T.M.T

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

NAMA : Ahmad Rifai
NPM : 1407230278
Judul T.Akhir : Perancangan Konstruksi Pada Forklift Mini Kapasitas 200 Kg
Untuk Usaha Kecil Menengah.

Dosen Pembimbing - I : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Sudirman Lubis.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 :

Ahad pada meeting juga Akhir

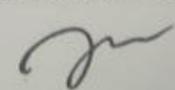
3. Harus mengikuti seminar kembali

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 : Ahmad Rifai
Npm : 1407230278
Tempat / Tanggal Lahir : Padang Sidempuan / 04 April 1994
Jenis Kelamin : Laki – Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat : Jalan Bakti Knpi

Kel / Desa : Ujung Padang
Kecamatan : Padang Sidempuan Selatan
Kota : Padang Sidempuan
Provinsi : Sumatera Utara

No. HP : +62813 7097 2663
Email : ahmad.rifai13juli@gmail.com
Nama Orang Tua
Ayah : Rajito
Ibu : Tumirah

PENDIDIKAN FORMAL

2001 – 2007 : SD Negeri 200220 Kota Padang Sidempuan
2007 – 2010 : SMP Negeri 2 Kota Padang Sidempuan
2010 – 2013 : SMK Negeri 2 Kota Padang Sidempuan
2014 – 2019 : Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara