

TUGAS SARJANA
ALAT BERAT
ANALISA NUMERIK KEKUATAN RANGKA PADA
PROTOTYPE ELEVATOR PABRIK KELAPA SAWIT

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

YUDI PRASTIYO
1407230175



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018

LEMBAR PENGESAHAN – I

TUGAS SARJANA

ALAT BERAT

**ANALISA NUMERIK KEKUATAN RANGKA PADA
PROTOTYPE ELEVATOR PABRIK KELAPA SAWIT**

Disusun Oleh :

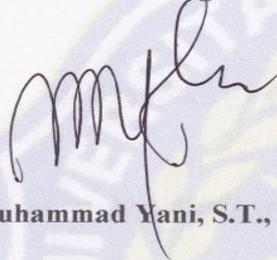
YUDI PRASTIYO

1407230175

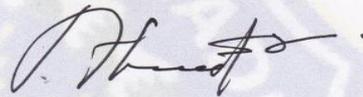
Diperiksa dan Disetujui Oleh :

Pembimbing – I

Pembimbing – II



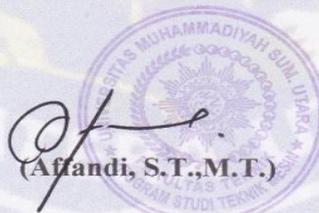
(Muhammad Yani, S.T., M.T)



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

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin



(Afandi, S.T., M.T.)

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018**

LEMBAR PENGESAHAN – II
TUGAS SARJANA
ALAT BERAT
ANALISA NUMERIK KEKUATAN RANGKA PADA
PROTOTYPE ELEVATOR PABRIK KELAPA SAWIT

Disusun Oleh :

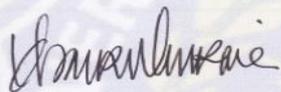
YUDI PRASTIYO
1407230175

Telah diperiksa dan diperbaiki
Pada seminar tanggal 11 Agustus 2018

Disetujui Oleh :

Pembanding – I

Pembanding – II



(Khairul Umurani, S.T.,M.T.)



(Chandra. A.Siregar, S.T.,M.T.)

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Mesin


(Afandi, S.T.,M.T.)

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2018



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Agar surat ini agar disebutkan
tanggalnya

DAFTAR SPESIFIKASI
TUGAS SARJANA

Nama : YUDI PRASTIYO
NPM : 1407230175
Semester : VIII (Delapan)
SPESIFIKASI :

ANALISA KUMERIK KEKUATAN PANGUA PADA PROTOTYPE
ELEVATOR PABRIK KELAPA SAWIT

Diberikan Tanggal : 24-2-2018
Selesai Tanggal : 3-8-2018
Asistensi : 2 x 1 SEMINGGU
Tempat Asistensi : Ft. UNSU PROPI T. MESIN

Diketahui oleh :
Ka. Program Studi Teknik Mesin


(Afandi, S.T.)

Medan, 3-08-2018

Dosen Pembimbing – I


(Muhammad Yani, S.T., M.T.)



**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

Pusat Administrasi: Jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Telp. (061) 6611233 – 6624567 –
6622400 – 6610450 – 6619056 Fax. (061) 6625474 Medan 20238
Website : <http://www.umsu.ac.id>

Surat ini agar disebutkan
tanggalnya

**DAFTAR HADIR ASISTENSI
TUGAS SARJANA**

NAMA : YUDI PRASTIYO PEMBIMBING – I : Muhammad Yani, S.T., M.T.
NPM : 1407230175 PEMBIMBING – II : Ahmad Marabdi Siregar, S.T.,M.T.

NO	Hari / Tanggal	Uraian	Paraf
	25 / 02 2018	- Spesifikasi tugas T.A.	My
	29 / 02 2018	- Perbaiki Bab I, latar belakang, rumusan masalah penelitian	My
	30 / 03 2018	- Perbaiki Bab II, tambahkan, konsep metode numerik	My
	20 / 04 2018	- Perbaiki Bab (II), diagram alir penelitian	My
Rabu	18 / 7 2018	- Perbaiki format tulisan dan format, serta Daftar pustaka	AH
	25 / 07 2018	- Semakalah lagi format tulisan dan tata letak gbr.	AH
	2 / 08 2018	- persiapan seminar	AH
	03 / 08 2018	- Bab IV & V Acc	My
	03 / 08 2018	- Persiapan untuk seminar Acc.	My

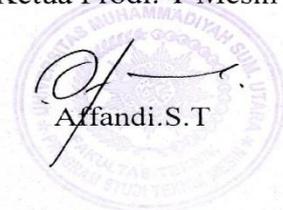
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2018 – 2019**

Peserta Seminar
 Nama : Yudi Prastiyo
 NPM : 1407230175
 Judul Tugas Akhir : Analisa Numerik Kekuatan Rangka Pada Prototype Elevator Pabrik Kelapa Sawit.

DAFTAR HADIR			TANDA TANGAN
Pembimbing – I	: M. Yani.S.T.M.T	:	.....
Pembimbing – II	: Ahmad marabdi Srg.S.T.M.T	:	.....
Pemanding – I	: Khairul Umurani.S.T.M.T	:	.....
Pemanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	.....
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1407230169	SAKBAN SALEH	.....
2	1307230111	ANGGHARI EFENDI	.....
3	2027 LYAS	2027 LYAS	.....
4	1307230125	Wahyano Aji.S.T.	.....
5	1307230149	Khairul Prayandi	.....
6	1307230122	VERY RAWAN	.....
7			
8			
9			
10			

Medan, 29 Dzulkaedah 1439 H
 11 Agustus 2018 M

Ketua Prodi. T Mesin



**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Yudi Prastiyo
NPM : 1407230175
Judul T.Akhir : Analisa Numerik kekuatan Rangka Pada Prototype Elevator
Pabrik Kelapa Sawit.

Dosen Pembimbing – I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
*Abstrak, format daftar isi, bab 1 Revisi
revisi, bab 2 format penulisan tabel dan
beris matrik pada matrik 3.0, daftar referens
tabel matrik*
3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

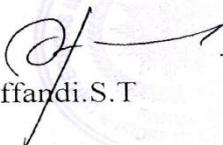
.....

.....

.....

Medan 29 Dzulkaedah 1439H
11 Agustus 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T

Dosen Pembanding- I


Khairul Umurani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

NAMA : Yudi Prastiyo
NPM : 1407230175
Judul T.Akhir : Analisa Numerik kekuatan Rangka Pada Prototype Elevator Pabrik Kelapa Sawit.

Dosen Pembimbing – I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing – II : Ahmad Marabdi Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - I : Khairul Umurani.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

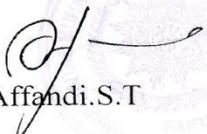
.....*lihat*.....*bulan*.....*Agas*.....*sanjana*.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 29 Dzulkaedah 1439H
11 Agustus 2018 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T.Mesin


Affandi.S.T



Dosen Pembanding- II

Chandra A Siregar.S.T.M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS SARJANA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yudi Prastiyo
Tempat/Tgl Lahir : Medan, 5 July 1996
Npm : 1407230175
Bidang Keahlian : Alat Berat
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
(UMSU)

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

“ANALISA NUMERIK KEKUATAN RANGKA PADA PROTOTYPE ELEVATOR PABRIK KELAPA SAWIT”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena berhubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan yang lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Sarjana saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh tim fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi yang berat berupa pembatalan kelulusan atau kesarjanaan saya.

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

Medan, 31 Agustus 2018
Saya yang menyatakan,



Yudi Prastiyo

ABSTRAK

Alat elevator merupakan alat angkut yang digunakan pada proses pengolahan minyak dipabrik kelapa sawit, pada proses pengolahan minyak dipabrik kelapa sawit, alat elevator digunakan sebagai alat untuk mengangkut berondolan rebus dari tempat terendah menuju ke tempat yang lebih tinggi dan menuangnya ke upper cross conveyer dengan baik. Bagian rangka prototaype elevator pabrik kelapa sawit di desain dengan menggunakan solidwork, dan bahan yang digunakan terbuat dari besi balok jenis ump 5 dengan memiliki ruang ditengah dengan ukuran 50 mm x 30 mm, dan tebal 2 mm . Tinggi rangka 1.100 mm, lebar 400 mm, panjang 700 mm, pada bagian sisi kanan bawah terdapat tempat dudukan motor listrik dan gear box, berdasarkan rancangan desain rangka elevator yang dibuat maka di uji kekuatan rangka tersebut dengan pemberian beban sebesar 196 N dengan menggunakan simulasi ansys, maka didapat hasil simulasi total deformasi 1,4323e-7mm, Equivalent stress maksimal 16,515MPa, Equivalent strain 3,2616e-11mm/mm.

Kata Kunci : Menganalisa, kekuatan rangka,mengetahui bahan yang dipakai

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji dan syukur pertama dan utama Penulis sampaikan kepada sang Rabb Alam Semesta, yakni Allah SWT Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, yang telah memberikan Berkah, Rahmah dan Hidayah-Nya kepada Penulis, sehingga Tugas Sarjana ini dapat di selesaikan.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) di program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul Tugas Sarjana ini adalah **“Analisa Numerik Kekuatan Rangka Pada Prototype Elevator Pabrik Kelapa Sawit”**.

Sebagai mana manusia biasa, Penulis menyadari bahwa Tugas Sarjana ini masih banyak terdapat kekurangan, baik dalam penyajian materi, maupun dalam penganalisaan data. Hal ini mungkin disebabkan oleh keterbatasan buku buku literature yang digunakan, maka demi kesempurnaan Tugas Sarjana ini, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca sekalian.

Penyelesaian Tugas Sarjana ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan yang diberikan oleh berbagai pihak, dan penulis sangat berterimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada Orang Tua yang disayangi (Kemis dan Harni) sebagai mana mereka telah memberikan dorongan semangat, nasihat serta doa atas perjuangan untuk menyelesaikan Tugas Sarjanaini.
2. Kepada Bapak Munawar Alfansyuri Siregar, S.T., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Kepada Bapak Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D. Selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Kepada Bapak Khairul Umurani, S.T., M.T. Selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Sekaligus Selaku Dosen Pembanding – I yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
5. Kepada Bapak Affandi, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Kepada Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Sekaligus Selaku Dosen Pembanding – II yang telah

membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

7. Kepada Bapak Dr. Rakhmad Arief Siregar, S.T., M.Eng. Selaku Dosen Penasehat Akademik yang telah banyak membantu, memberikan semangat, arahan dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
8. Kepada Bapak M. Yani, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing - I yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
9. Kepada Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing – II yang telah membimbing, memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini..
10. Kepada Bapak dan Ibu Dosen dan Staff Pegawai di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan bekal pengetahuan dan bantuan hingga akhir studi.
11. Kepada Seluruh Asisten Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu dan memberikan arahan untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
12. Kepada Abang, Kakak dan Adek (Abang Icut Sugiarti, Agus Trianto, dan Adek Novita Anggraini Lubis,), yang telah member semangat untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
13. Kepada seluruh sahabat-sahabat dan rekan seperjuangan di Fakultas Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dan yang utama pada kelas B1-Pagi dan Malam Stambuk (2014), yang telah membantu menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
14. Kepada sahabat seperjuangan Anak Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membantu dalam pengerjaan Tugas Sarjana ini.
15. Kepada rekan satutim, Agus Sagita, Agung Prakasa, Muklis, Sulaiman Rasyid Pulungan, Rory Ilyas dan Roma Amnur yang telah berjuang dari awal hingga akhir untuk menyelesaikan Tugas Sarjana ini.

Semoga Tugas Sarjana ini dapat memberikan manfaat dan tambahan ilmu bagi pembaca.

Medan, 04 Agustus 2018
Penulis

YUDI PRASTIYO
NPM : 1407230175

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN – 1	
LEMBAR PENGESAHAN – 2	
LEMBAR SPESIFIKASI TUGAS SARJANA	
LEMBAR ASISTENSI TUGAS SARJANA	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR NOTASI	viii
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	3
1.3.Batasan Masalah	3
1.4.Tujuan	4
1.5.Manfaat Penelitian	4
1.6.Sistematik Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1.Bucket Elevator	6
2.2.Perencanaan Kapasitas Bucket Elevator	8
2.3.Perencanaan Daya Motor	9
2.4.Struktur Rangka	10
2.5.1.Prinsip-Prinsip Umum Rangka Batang	11
2.5.2.Analisa Kualitatif Gaya Batang	13
2.5.3.Kekuatan Titik Hubung	16
2.6.Teori Metode Elemen Hingga	16
2.6.1.Penggunaan Metode Elemen Hingga	17
2.6.2.Analysis Statik Linier	18
2.7.Defleksi	18
2.8.Notasi Matrix	19
2.9.Metode Numerik	19
2.9.1. Hampiran dan Gelat	19
2.9.1.1. Jenis-jenis Gelat	21
2.9.2. Persamaan liniero	22
2.9.2.1. Metode Iterasi Jacobi	24
2.9.2.2. Metode Iterasi Gauss-seidel	25
2.9.2.3. Metode Penyelesaian Persamaan Non-Linear	25
2.9.2.4. Sistem Persamaan Non-Linear	34
2.9.3. Diferensi Numerik	34
2.9.3.1. Polinomial Pencocokan Kurva	35
2.9.4. Integrasi Numerik	35

2.9.4.1. Metode Manual	36
2.9.4.2. Polinomial Pencocokan Kurva	36
2.9.4.3. Aturan Trapesium	37
2.9.4.4 Aturan Titik Tengah	39
2.9.4.5. Jenis-jenis Persamaan Differensial	40
2.9.4.6. Metode Penyelesaian Persamaan Differensial Biasa	40
2.10. Ansys	43
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	46
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	46
3.1.1. Tempat Penelitian	46
3.1.2. Waktu Penelitian	46
3.2. Diagram Alir Penelitian	47
3.3. Proses Pembuatan	48
3.3.1. Alat Yang Digunakan	48
3.3.2. <i>Leptop</i>	48
3.3.3. Prototype Bucket Elevator Pabrik Kelapa Sawit	48
3.4. Tahap Awal Pembuatan Desain	49
3.4.1. Membuka Solidwor 2013	49
3.4.2. Desain Rangka Alat Elevator Prototype	50
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1. Analisa Numerik Pada Rangka	53
4.2. Simulasi Menggunakan Ansys Workbench	53
4.2.1. Memulai Simulasi	53
4.2.2. Meshing	54
4.2.3. Hasil Simulasi Struktural Steel	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1. Kesimpulan	59
5.2. Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-jenis Persamaan Differensial	40
Tabel 3.1 Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram gaya yang diambil bahan saat pelepasan	7
Gambar 2.2 Klasifikasi Jenis Motor Listrik	9
Gambar 2.3 Motor Listrik	10
Gambar 2.4 Kerangka Bucket Elevator Tampak Samping	10
Gambar 2.5 Rangka Batang Dan Prinsip-Prinsip Dasar Triangulasi	12
Gambar 2.6 Kesetabilan Internal Pada Rangka Batang	14
Gambar 2.7 Grafik Fungsi $f(x) = x^3 - x^2 - x - 1$	26
Gambar 2.8 Sifat-sifat Fungsi	27
Gambar 2.9 Grafik dari Algoritma Metode Bagi Dua	29
Gambar 2.10 Grafik dari Metode Regula Falsi	30
Gambar 2.11 Algoritma dari Metode Iterasi Titik Tetap	31
Gambar 2.12 Iterasi Newton-Raphson Secara Grafis	32
Gambar 2.13 Iterasi Metode Secant Secara Grafis	33
Gambar 2.14 Hampiran Luas Bidang Metode Manual	36
Gambar 2.15 Luas Satu Pias Trapesium	37
Gambar 2.16 Luas n Buah Trapesium	38
Gambar 2.17 Aturan Titik Tengah	39
Gambar 2.18 Buah Persegi Panjang Dengan Panjang Masing-Masing	39
Gambar 2.19. Titik n Sebagai Titik Dasar	41
Gambar 2.20 Titik r+1 Sebagai Titik Dasar	42
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	47
Gambar 3.2 Bucket Elevator Pabrik Kelapa Sawit	49
Gambar 3.3 Tampilan Awal Solidwork	50
Gambar 3.4 Tampilan Jendela Kerja Solidwork	50
Gambar 3.5 Rangka Alat Elevator Tampak Samping Dalam Satuan mm	51
Gambar 3.6 Rangka Alat Elevator Tampak Atas	52
Gambar 3.7 Rangka Alat Elevator 3 Dimensi	52
Gambar 4.1 Hasil Meshing	54
Gambar 4.2 Diberi Beban (force)	55
Gambar 4.3 Total Deformasi Akibat Pembebanan	56
Gambar 4.4 Equivalent Stress Akibat Pembebanan	57
Gambar 4.5 Equivalent Strain Akibat Pembebanan	57

DAFTAR NOTASI

P	= daya teoritis (W)
Pb	= densitas kamba bahan (kg/m^3)
g	= percepatan gravitasi (m/detik^2)
Q	= kapasitas Bucket Elevator (m^3/detik)
h	= tinggi pengangkatan bahan (m)
Pdm	= Daya Teoritis Buket (kW).
P	= Daya Motor (kW).
ηt	= Efisiensi total mesin (%).
f0	= Faktor kelebihan beban
F	= Gaya Tarik
A	= Luas Penampang
Al	= Pertambahan Panjang (mm)
L	= Panjang Awal (mm)
σ	= Tegangan
ε	= Regangan
P	= Beban yang ditekan (kg)
D	= Diameter bola (mm)
d	= Diameter lekukan (mm)
T	= Kedalaman jarak (rpm)
L	= Panjang diagonal rata-rata (kg/mm)
θ	= Sudut antara permukaan intan yang berlawanan 136°
n'	= Konstanta beban pengerasan regangan
K	= Konstanta beban yang menyatakan ketahanan beban terhadap penembus
AP	= Luas proyeksi lekukan yang tidak pulih ke bentuk semula
C	= Konstanta untuk setiap penumbuk

BAB 1

PENAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki hasil-hasil pertanian yang cukup beraneka ragam. Sejalan dengan perkembangan teknologi sekarang ini dalam dunia pertanian dikenal berbagai macam mesin dalam menunjang kegiatan pasca panen diantaranya untuk pemindahan dan pengolahan. Salah satu alat yang digunakan adalah alat elevator pada pabrik kelapa sawit. Alat elevator adalah suatu alat pemindah bahan yang berfungsi untuk memindahkan suatu material dengan jarak pemindah bahan yang panjang, lebih beragam penggunaannya, variasi kapasitas yang lebih luas dan bersifat kontinyu.

Mekanisme kerja dari bucket elevator ada beberapa tahap. Tahap pertama yaitu material curah (bulk material) masuk ke corong pengisi (feed hooper) pada bagian bawah elevator (boot). Material curah kemudian ditangkap oleh bucket yang bergerak, kemudian material curah tersebut diangkat dari bawah ke atas. Setelah sampai pada roda gigi atas, material curah akan dilempar ke arah corong pengeluaran.

Pada proses pengolahan minyak dipabrik kelapa sawit, alat elevator digunakan sebagai alat untuk mengangkut berondolan rebus dari tempat terendah menuju ke tempat yang lebih tinggi dan menuangnya ke upper cross conveyor dengan baik dan dilanjutkan ke digister. Pada umumnya, alat elevator dirancang pada posisi tegak 90° dan berukuran besar untuk skala industri. Pada beberapa penelitian sebelumnya, salah satu diantaranya menyimpulkan bahwa pada kecepatan bucket $4,6 \text{ m/s}$ dan sudut 60° , kapasitas bucket mencapai $0,00106 \text{ m}^3$

kelapa sawit pada pabrik berkapasitas 30 ton TBS/jam (Badron Purba, M, Polman Sihombing askeb ptpn 3).

Perancangan Rangka fruit elevator berperan penting terhadap tingkat keberhasilan fruit elevator untuk mengangkat semua berondolan rebus dari tempat terendah menuju ke tempat yang lebih tinggi dan menuangnya ke upper cross conveyor dengan baik. Keberhasilan fruit elevator juga didukung oleh kecukupan jumlah bucket, volume angkut bucket, kecepatan bucket.

Untuk mengurangi tingkat kerusakan yang terjadi dilapangan, pemilihan bahan juga berperan penting pada perancangan rangka fruit elevator ini, yang mana dalam realisasi dilapangan kerusakan pada bucket lebih sering terjadi, seperti bucket peyot dan bucket lepas dari ikatannya. Titik kritis yang kedua terjadi dirantai elevator yang selip di plat penumpu rantai dan sproket.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu kiranya dilakukan studi kasus yang bertujuan untuk mengetahui lebih jelas kekuatan rangka, memilih bahan dari *bucket elevator pabrik kelapa sawit* dan mengangkatnya dalam sebuah tugas sarjana dengan judul **“ANALISA NUMERIK KEKUATAN RANGKA PADA PROTOTYPE ELEVATOR PABRIK KELAPA SAWIT”** sehingga dapat dihitung pada kekuatan rangka elevator.

1.2. Rumusan Masalah

Sehubungan dengan judul tugas akhir ini maka perumusan masalah yang diperoleh dalam tugas sarjana ini adalah :

- a. Bagaimana merancang model rangka alat elevator pada pabrik kelapa sawit ?
- b. Bagaimana memilih atau menentukan jenis bahan rangka alat elevator pada pabrik kelapa sawit ?
- c. Seberapa besar kekuatan Rangka pada rangka elevator (*prototype*) jika diberikan pembebanan 196 N. (Rory ilyas, pengujian alat elevator prototype pabrik kelapa sawit)

1.3. Pembatasan masalah

Batasan masalah pada penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Analisa Numerik kekuatan rangka pada prototype elevator pabrik kelapa sawit dengan menggunakan *Ansys*.
- b. Pembebanan yang diberikan pada rangka prototype elevator pabrik kelapa sawit pada simulasi numeric sebesar 196 N.(Rory ilyas, pengujian alat elevator prototype pabrik kelapa sawit)
- c. Menggambar komponen rangka dengan menggunakan software solidwork

1.4 Tujuan umum

Adapun tujuan umum dari penyusunan tugas sarjana ini adalah :

- a. Untuk menganalisa kekuatan rangka pada prototype elevator pabrik kelapa sawit

1.5 Tujuan khusus

Adapun tujuan khusus dari penyusunan tugas sarjana ini adalah :

- a. Merancang model rangka alat elevator pada pabrik kelapa sawit dengan menggunakan software solidwork .
- b. Untuk mengetahui kekuatan Rangka Elevator Prototype pada pabrik kelapa sawit jika di beri beban aksial sebesar 196 N, berapa hasil total deformasi, equivalent stress dan equivalent strain dengan menggunakan software Ansys sebagai software simulasi.

1.6 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penyusunan tugas sarjana ini adalah :

- a. Dapat bermanfaat untuk penulis selanjutnya sebagai bahan referensi untuk penyempurnaan alat elevator.
- b. Mengetahui bahan rangka alat elevator pada pabrik kelapa sawit
- c. Mengetahui seberapa kuat rangka alat elevator pada saat diberi beban 196 N.(Rory Ilyas alat elevator prototype pabrik kelapa sawit)

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas sarjana ini ialah sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, pembatasan masalah, tujuan perancangan, manfaat penulisan dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang dasar teori yang digunakan, seperti : bucket elevator, perancangan kapasitas bucket elevator,

daya bucket, perencanaan daya motor, struktur rangka dan metode numerik

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang tempat dan waktu penelitian, diagram alir penelitian, proses pembuatan dan gambar perancangan rangka elevator prototype.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini merupakan bagian yang terhitung atau inti dari pembahasan laporan akhir ini, yang menjelaskan tentang analisa data hasil pengamatan dan analisa perhitungan data.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran yang di peroleh dari pembahasan.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2 **TINJAUAN PUSTAKA**

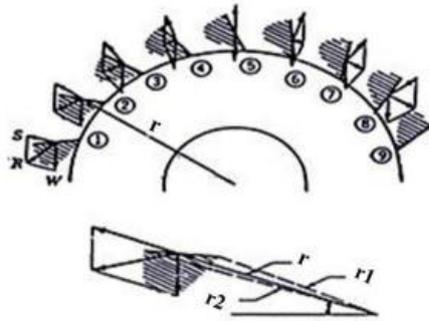
2.1 Bucket Elevator

Ditinjau dari segi sejarahnya, Bucket Elevator merupakan alat pengangkut yang banyak digunakan pada zaman pra-sejarah. Mekanismenya berupa keranjang anyam yang diikat pada tali dan bergerak di atas ikatan kayu yang kaku serta digerakkan oleh tenaga manusia. Seiring dengan perkembangan teknologi maka *Bucket Elevator* terus mengalami perubahan kearah penyempurnaannya. *Bucket Elevator* merupakan jenis alat pengangkut yang memanfaatkan timba-timba yang tersusun dengan jarak antar timba yang seragam dan beraturan.

Bucket Elevator adalah alat pengangkut yang sangat efisien, namun lebih mahal dibandingkan dengan *scraper elevator* (pengerok). *Bucket Elevator* berupa alat pengangkut material curah yang ditarik oleh sabuk atau rantai tanpa ujung dengan arah lintasan yang biasanya vertikal, serta pada umumnya ditopang oleh casing atau rangka (Dani Irawan, 2017). *Bucket Elevator* pada umumnya khusus untuk mengangkut berbagai macam material berbentuk serbuk, butiran-butiran kecil dan bongkahan. Contoh material adalah semen, pasir, batubara, tepung dan lain sebagainya. Alat ini dapat digunakan untuk menaikkan bahan dengan ketinggian 50 meter, kapasitasnya dapat mencapai 50 m³/jam, dan konstruksinya bisa dengan posisi vertikal.

Mekanisme kerja dari *bucket elevator* ada beberapa tahap. Tahap pertama yaitu material curah (bulk material) masuk ke corong pengisi (feed hooper) pada bagian bawah elevator (boot). Material curah kemudian ditangkap oleh bucket

yang bergerak, kemudian material curah tersebut diangkat dari bawah ke atas. Setelah sampai pada roda gigi atas, material curah akan dilempar ke arah corong pengeluaran (discharge spout) (Ohen Suhendri, Tamrin dan Budianto Lanya). Analisanya dapat diuraikan pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Diagram gaya yang dialami bahan saat pelepasan.(Dani Irawan. 2017).

Gaya yang dialami bahan saat pelepasan seperti yang terlihat pada Gambar 2.1 menunjukkan bagian atas *Bucket Elevator* saat mangkuk akan melakukan pelepasan material curah. Pada saat mangkuk berada di sekeliling gir bagian atas, maka bahan yang berada pada mangkuk dipengaruhi dua gaya. Gaya-gaya tersebut adalah gaya berat (W) dan gaya sentrifugal (S) yang bekerja dengan arah radial.

Dalam melakukan kerjanya, alat ini memiliki dua sistem kerja yaitu sistem pemasukkan dan sistem pengeluaran. Ada tiga macam tipe pengeluaran Bucket Elevator yaitu:

1. Tipe pengeluaran sentrifugal banyak digunakan untuk penanganan biji-bijian yang berukuran kecil pada elevator dan pabrik pengolahan.
2. Tipe “perfect discharge”. Mangkuk biasanya berada pada rantai yang dijalankan dengan kecepatan lambat. Alat ini digunakan untuk bahan yang mudah rusak dan tidak dapat diangkat dengan kecepatan tinggi.

3. Tipe penyedokan yang terus menerus. Tipe ini digunakan untuk pengerjaan yang berat, di tambang batubara, pengangkutan pasir dan sebagainya. Pada bagian pelepasan, bahan dituang (dilempar) mendahului mangkuk.

Disamping itu, Bucket Elevator mempunyai kelebihan diantaranya :

1. Dapat mengangkut bahan dengan kemiringan yang curam.
2. Dapat digunakan untuk mengangkut butiran dan material yang cenderung lengket, serta mengangkut bongkahan besar dan material yang berat.
3. Harga relatif lebih murah karena pemakaian energi kecil.

Dan kekurangan adalah Bahan yang diangkut kebersihannya tidak terjaga. Tidak dapat digunakan jika bahan melalui jalur yang berkelok kelok (Dani Irawan, 2017)

2.2. Perencanaan Kapasitas Bucket Elevator

Kapasitas Bucket elevator tergantung pada kapasitas masing - masing Bucket. Jarak antar Bucket dan kecepatan sabuk (belt) atau rantai yang membawa Bucket. Jarak antar Bucket ditentukan oleh bentuk Bucket dan sifat pengeluarannya. Kapasitas Bucket dipertimbangkan menjadi 85 – 90% dari volume pembongkaran untuk kecepatan tinggi. Jika bahan disusun terhadap beban diatas pusat poros kaki. Jika bahan dibawah, kapasitas menjadi berkurang 80% dari volume pembongkaran. Pada kecepatan sedang, Bucket diharapkan mengisi 90 % volume pembongkaran. (Dani Irawan, 2017).

2.3. Perencanaan Daya Bucket

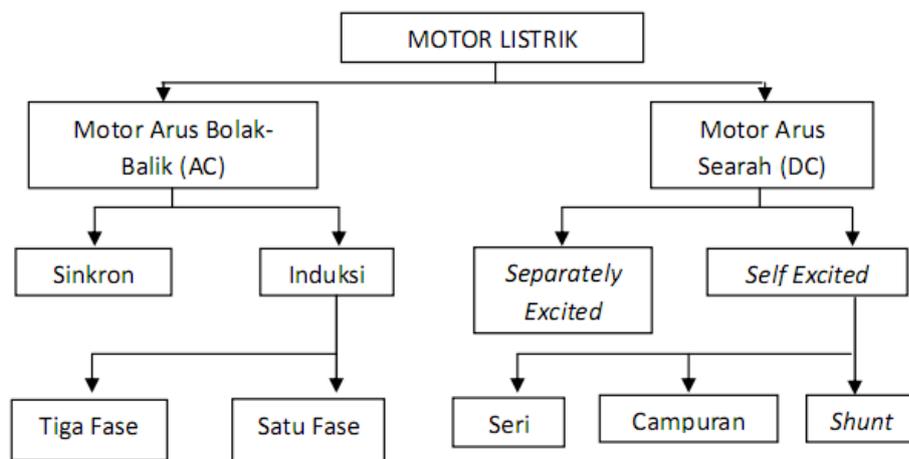
Kebutuhan daya untuk mengoperasikan Bucket elevator adalah meliputi kebutuhan untuk mengangkat bahan, untuk menggayung bahan yang masuk

kedalam Bucket. Untuk pengeluaran bahan, untuk memindahkan keseluruhan udara dan menahan gesekan berlebih dalam bearing dan komponen bergerak lainnya. Pada umumnya Bucket Elevator memiliki efisiensi yang tinggi. Pada prakteknya ditemukan kebutuhan daya kuda teoritis untuk pengangkatan bahan membutuhkan peningkatan 10-15% mencapai kebutuhan daya aktual. Berikut persamaan yang digunakan untuk mendapatkan kebutuhan daya teoritis (Dani Irawan. 2017).

$$P = P_b \times g \times Q \times h \dots\dots\dots (2.1)$$

2.4. Perencanaan Daya Motor

Motor listrik merupakan suatu peralatan listrik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Berdasarkan input arus, motor listrik dibagi menjadi dua jenis yaitu motor arus searah (AC) dan motor arus bolak-balik (DC). Motor listrik dapat lagi dikategorikan menjadi berbagai jenis berdasarkan konstruksi dan mekanisme operasi, dan pembagiannya dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Klasifikasi Jenis Motor Listrik (Sularso. 1978).

Motor listrik adalah komponen yang sangat penting dalam mesin sehingga dapat dirumuskan pada persamaan berikut ini.

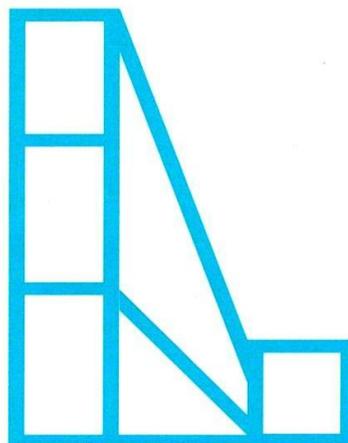
$$P_{dm} = P \div \eta t. fO \dots \dots \dots (2.2)$$



Gambar 2.3 Motor Listrik (Sularso. 1978)

2.5 Struktur Rangka

Rangka batang adalah susunan elemen-elemen linier yang membentuk segitiga atau kombinasi, sehingga menjadi bentuk rangka yang tidak dapat berubah bentuk bila diberi beban eksternal tanpa adanya perubahan bentuk pada satu atau lebih batangnya. Setiap elemen tersebut dianggap tergabung pada titik hubungannya dengan sambungan sendi. Sedangkan batang-batang tersebut dihubungkan sedemikian rupa sehingga semua beban dan reaksi hanya terjadi pada titik hubung. Seperti yang terlihat pada gambar 2.4 rangka bucket elevator dibawah.



Gambar 2.4. Kerangka *bucket elevator* tampak samping

2.5.1. Prinsip – prinsip Umum Rangka Batang

a. Prinsip Dasar Triangulasi

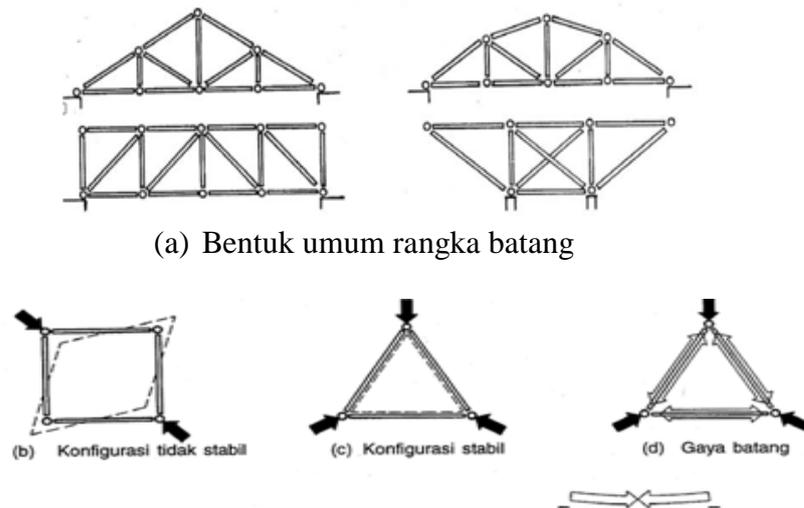
Prinsip utama yang mendasari penggunaan rangka batang sebagai struktur pemikul beban adalah penyusunan elemen menjadi konfigurasi segitiga atau kombinasi yang menghasilkan bentuk stabil. Pada bentuk segiempat atau bujursangkar, bila struktur tersebut diberi beban, maka akan terjadi deformasi masif dan menjadikan struktur tak stabil. Bila struktur ini diberi beban, maka akan membentuk suatu mekanisme runtuh (*collapse*), sebagaimana diilustrasikan pada gambar berikut ini. Struktur yang demikian dapat berubah bentuk dengan mudah tanpa adanya perubahan pada panjang setiap batang. Sebaliknya, konfigurasi segitiga tidak dapat berubah bentuk atau runtuh, sehingga dapat dikatakan bahwa bentuk ini stabil

Pada struktur stabil, setiap deformasi yang terjadi relatif kecil dan dikaitkan dengan perubahan panjang batang yang diakibatkan oleh gaya yang timbul di dalam batang sebagai akibat dari beban eksternal. Selain itu, sudut yang terbentuk antara dua batang tidak akan berubah apabila struktur stabil tersebut dibebani. Hal ini sangat berbeda dengan mekanisme yang terjadi pada bentuk tak stabil, dimana sudut antara dua batangnya berubah sangat besar.

Pada struktur stabil, setiap deformasi yang terjadi relatif kecil dan dikaitkan dengan perubahan panjang batang yang diakibatkan oleh gaya yang timbul di dalam batang sebagai akibat dari beban eksternal. Selain itu, sudut yang terbentuk antara dua batang tidak akan berubah apabila struktur stabil tersebut dibebani. Hal ini sangat berbeda dengan mekanisme yang terjadi pada bentuk tak stabil, dimana sudut antara dua batangnya berubah sangat besar. Pada struktur

stabil, gaya eksternal menyebabkan timbulnya gaya pada batang-batang. Gaya-gaya tersebut adalah gaya tarik dan tekan murni. Lentur (*bending*) tidak akan terjadi selama gaya eksternal berada pada titik nodal (titik simpul). Bila susunan segitiga dari batang-batang adalah bentuk stabil, maka sembarang susunan segitiga juga membentuk struktur stabil dan kukuh. Hal ini merupakan prinsip dasar penggunaan rangka batang pada gedung.

Bentuk kaku yang lebih besar untuk sembarang geometri dapat dibuat dengan memperbesar segitiga-segitiga itu. Untuk rangka batang yang hanya memikul beban vertikal, pada batang tepi atas umumnya timbul gaya tekan, dan pada tepi bawah umumnya timbul gaya tarik. Gaya tarik atau tekan ini dapat timbul pada setiap batang dan mungkin terjadi pola yang berganti-ganti antara tarik dan tekan, seperti ditunjukkan pada gambar 2.5 di bawah ini



Gambar 2.5. Rangka Batang dan Prinsip-prinsip Dasar Triangulasi

Penekanan pada prinsip struktur rangka batang adalah bahwa struktur hanya dibebani dengan beban-beban terpusat pada titik-titik hubung agar batang-batangnya mengalami gaya tarik atau tekan. Bila beban bekerja langsung pada

batang, maka timbul pula tegangan lentur pada batang itu sehingga desain batang sangat rumit dan tingkat efisiensi menyeluruh pada batang menurun.

2.5.2 Analisa Kualitatif Gaya Batang

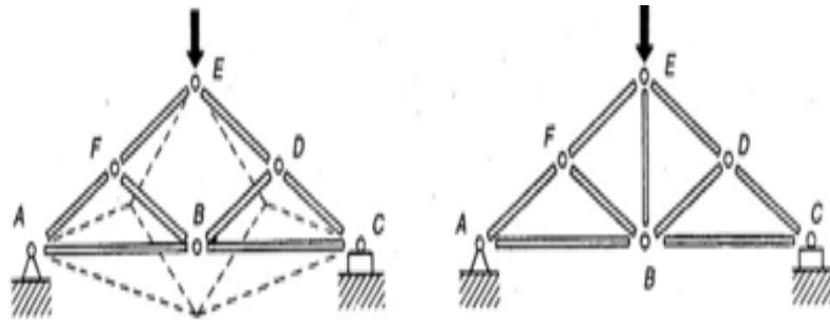
Analisa kualitatif adalah penelitian yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis, Proses dan makna lebih di tonjolkan dalam penelitian, landasan teori dimanfaatkan sebagai pemandu agar fokus penelitian sesuai dengan fakta di lapangan. Perilaku gaya-gaya dalam setiap batang pada rangka batang dapat ditentukan dengan menerapkan persamaan dasar keseimbangan. Untuk konfigurasi rangka batang sederhana, sifat gaya tersebut (tarik, tekan atau nol) dapat ditentukan dengan memberikan gambaran bagaimana rangka batang tersebut memikul beban. Salah satu cara untuk menentukan gaya dalam batang pada rangka batang adalah dengan menggambarkan bentuk deformasi yang mungkin terjadi.

a. Analisa Rangka Batang

➤ Stabilitas

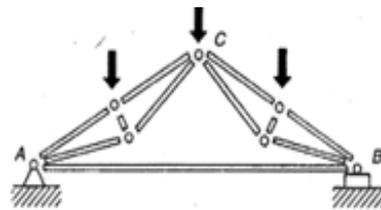
Stabilitas adalah mempertahankan sifat fisika awal, termasuk penampilan, kesesuaian, keseragaman, disolusi, dan kemampuan untuk disuspensikan, Langkah pertama pada analisis rangka batang adalah menentukan apakah rangka batang itu mempunyai konfigurasi yang stabil atau tidak. Secara umum, setiap rangka batang yang merupakan susunan bentuk dasar segitiga merupakan struktur yang stabil. Pola susunan batang yang tidak segitiga, umumnya kurang stabil. Rangka batang yang tidak stabil dan akan runtuh apabila dibebani, karena rangka batang ini tidak mempunyai jumlah batang yang mencukupi untuk mempertahankan hubungan

geometri yang tetap antara titik-titik hubung, seperti pada gambar 2.6 di bawah ini.

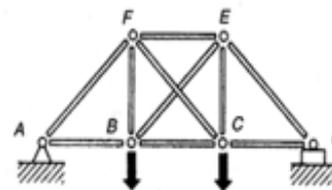


(a) Rangka batang tidak stabil

(b) Rangka batang stabil



(c) Rangka batang stabil dengan pola batang bukan segitiga.



(d) Rangka batang stabil yang jumlah batangnya melebihi yang diperlukan untuk kestabilan.

Gambar 2.6 Kestabilan Internal pada rangka batang

➤ Metode Analisis Rangka Batang

Beberapa metode digunakan untuk menganalisa rangka batang. Metode-metode ini pada prinsipnya didasarkan pada prinsip keseimbangan. Metode-metode yang umum digunakan untuk analisa rangka batang adalah sebagai berikut:

1. Keseimbangan Titik Hubung pada Rangka Batang

Pada analisis rangka batang dengan metode titik hubung (*joint*), rangka batang dianggap sebagai gabungan batang dan titik hubung. Gaya batang diperoleh dengan meninjau keseimbangan titik-titik hubung. Setiap titik hubung harus berada dalam keseimbangan.

2. Keseimbangan Potongan

Prinsip yang mendasari teknik analisis dengan metode ini adalah bahwa setiap bagian dari suatu struktur harus berada dalam keseimbangan. Dengan demikian, bagian yang dapat ditinjau dapat pula mencakup banyak titik hubung dan batang. Konsep peninjauan keseimbangan pada bagian dari suatu struktur yang bukan hanya satu titik hubung merupakan cara yang sangat berguna dan merupakan dasar untuk analisis dan desain rangka batang, juga banyak desain struktur lain.

Perbedaan antara kedua metode tersebut di atas adalah dalam peninjauan keseimbangan rotasionalnya. Metode keseimbangan titik hubung, biasanya digunakan apabila ingin mengetahui semua gaya batang. Sedangkan metode potongan biasanya digunakan apabila ingin mengetahui hanya sejumlah terbatas gaya batang.

Gaya Geser dan Momen pada Rangka Batang Metode ini merupakan cara khusus untuk meninjau bagaimana rangka batang memikul beban yang melibatkan gaya dan momen eksternal, serta gaya dan momen tahanan internal pada rangka batang. Agar keseimbangan vertikal potongan struktur dapat dijamin, maka gaya geser eksternal harus diimbangi dengan gaya geser tahanan total atau gaya geser tahanan internal (VR), yang besarnya sama tapi arahnya berlawanan dengan gaya geser eksternal. Efek rotasional total dari gaya internal tersebut juga harus diimbangi dengan momen tahanan internal (MR) yang besarnya sama dan berlawanan arah dengan momen lentur eksternal. Sehingga memenuhi syarat keseimbangan, dimana

$$M_E = M_R \text{ atau } M_E - M_R = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

➤ Rangka Batang Statis Tak Tentu

Rangka batang statis tak tentu tidak dapat dianalisis hanya dengan menggunakan persamaan kesimbangan statika, karena kelebihan banyaknya tumpuan atau banyaknya batang yang menjadi variabel. Pada struktur statis tak tentu, keseimbangan translasional dan rotasional ($\sum F_x=0$, $\sum F_y=0$, dan $\sum M_o=0$) masih berlaku. Pemahaman struktur statis tak tentu adalah struktur yang gaya-gaya dalamnya bergantung pada sifat-sifat fisik elemen strukturnya.

2.5.3. Kekakuan Titik Hubung

Pada perhitungan rangka batang, diasumsikan bahwa semua titik hubung dimodelkan sebagai titik hubung sendi. Dalam beberapa hal, membuat hubungan yang benar-benar sendi kadang-kadang tidak mungkin atau bahkan tidak dikehendaki. Apabila kondisi titik hubung aktual sedemikian rupa sehingga ujung-ujung batang tidak bebas berotasi, maka momen lentur lokal dan gaya aksialnya dapat timbul pada batang-batang. Apabila momen lentur itu cukup besar, maka batang tersebut harus didesain agar mampu memikul tegangan kombinasi akibat gaya aksial dan momen lentur. Besar tegangan lentur yang terjadi sebagai akibat dari titik hubung kaku umumnya $\leq 20\%$ dari tegangan normal yang terjadi. Pada desain awal, biasanya tegangan lentur sekunder ini diabaikan. Salah satu efek positif dari adanya titik hubung kaku ini adalah untuk memperbesar kekakuan rangka batang secara menyeluruh, sehingga dapat mengurangi defleksi.

2.6 Teori Metode Elemen Hingga

Metode Elemen Hingga atau *Finite Element Method* (FEM) atau analisa Elemen Hingga atau *Finite Element 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.

2.6.1 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 metode 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*
- *Biomemechanic.*

c. 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 kuantitas yang tidak diketahui pada nodal, misalnya pergeseran.
- Menghitung kuantitas yang diinginkan (regangan dan tekanan) pada elemen-elemen yang dipilih

2.6.2 Analisis Statik 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 linier dapat menyediakan kebanyakan dari informasi tentang perilaku suatu struktur, dan merupakan suatu perkiraan baik untuk beberapa analisa, mempertimbangkan suatu elemen penuh pada prismatic.

2.7 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 ke posisi netral setelah terjadi deformasi.

➤ . Hal-hal yang mempengaruhi terjadinya defleksi yaitu:

Kekakuan batang, besar kecilnya gaya yang diberikan, jenis tumpuan yang diberikan dan jenis beban yang terjadi pada batang. Buku elemen 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 bentang horinzontal yang di ukur sebesar

4400mm, maka diperoleh besaran defleksi yang disarankan untuk rangka mobil listrik Unnes tidak boleh melebihi 3,352 mm untuk kriteria tingkatan umum.

2.8 Notasi Matrix

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

2.9 Metode Numerik

Metode numerik adalah teknik untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan yang diformulasikan secara matematis dengan menggunakan operasi hitungan (*arithmetic*) yaitu operasi tambah, kurang, kali, dan bagi.

Alasan pemakaian metode numerik adalah banyak permasalahan matematis tidak dapat diselesaikan dengan metode analitik. Jika terdapat penyelesaian secara analitik, mungkin proses penyelesaiannya sangat rumit, sehingga tidak efisien.

2.9.1. Hampiran dan Galat

Hampiran, pendekatan atau aproksimasi (*approximation*) didefinisikan sebagai nilai yang mendekati solusi sejati (*exact solution*). Galat atau kesalahan (*error*) sebenarnya (ε) didefinisikan sebagai selisih solusi sejati (x_0) dengan solusi hampiran (x),

$$\varepsilon = x_0 - x \quad (2.4)$$

Galat atau kesalahan (*error*) relatif sebenarnya (ε_r) didefinisikan sebagai perbandingan antara kesalahan sebenarnya (ε) dengan solusi sejati (x_0),

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{x_0} x 100\% \quad (2.5)$$

Dalam dunia nyata, kita jarang mendapatkan informasi mengenai ukuran yang sebenarnya dari suatu benda. Cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan cara membandingkan kesalahan sebenarnya (ε) dengan solusi hampiran (x) untuk mendapatkan nilai kesalahan relatif hampiran, yaitu

$$\varepsilon_{rh} = \frac{\varepsilon}{x} x 100\% \quad (2.6)$$

Akan tetapi kita tetap masih menghadapi kendala, karena nilai kesalahan (ε) sebenarnya membutuhkan informasi tentang solusi sejati (x_0). Oleh karena itu kita hitung nilai kesalahan relatif hampiran dengan membandingkan antara selisih iterasi sekarang dengan iterasi sebelumnya terhadap nilai iterasi sekarang, yaitu

$$\varepsilon_{rh} = \frac{x_{r+1} - x_r}{x_{r+1}} x 100\% \quad (2.7)$$

Batas toleransi kesalahan (ε_s) ditentukan oleh jumlah angka bena yang akan kita gunakan. Hubungan antara toleransi kesalahan (ε_s) dan angka signifikan (n) adalah,

$$\varepsilon_s = (0,5 \times 10^{2-n})\% \quad (2.8)$$

Pada waktu melakukan komputasi, nilai kesalahan yang terjadi mungkin bernilai negatif. Akan tetapi biasanya kita tidak mempertimbangkan apakah hasilnya positif atau negatif, tapi lebih memperhatikan harga absolutnya, apakah masih lebih besar atau sudah lebih kecil dari batas toleransi kesalahan (ε_s). Jika harga absolut kesalahan relatif hampiran (ε_{rh}) lebih kecil dari batas toleransi kesalahan (ε_s) atau

$$|\varepsilon_{rh}| < \varepsilon_s \quad (2.9)$$

maka komputasi selesai.

2.9.1.1 Jenis-Jenis Galat

A. Kesalahan karena bawaan data (*inherent error*)

Kesalahan bawaan data merupakan kesalahan dari nilai data. Misal kekeliruan dalam menyalin data, salah membaca skala atau kesalahan karena kurangnya pengertian mengenai hukum-hukum fisik dari data yang diukur.

B. Kesalahan karena pembulatan (*round-off error*)

Kesalahan karena pembulatan (*round-off error*) terjadi karena tidak kita memperhitungkan beberapa angka terakhir dari suatu bilangan; artinya solusi hampiran digunakan untuk menggantikan solusi sejati (eksak).

C. Kesalahan karena pemotongan (*truncation error*)

Kesalahan pemotongan terjadi karena adanya proses komputasi tak-berhingga diganti dengan proses berhingga. Misal pada deret Taylor atau McLaurin.

- Deret Taylor dan Deret McLaurin

Misal f , dan semua turunannya, yaitu $f', f'', \dots, f^{(n)}$ kontinu pada selang $[a, b]$. Jika $x_0 \in [a, b]$, maka untuk nilai-nilai x di sekitar x_0 dan $x \in [a, b]$, $f(x)$ dapat diperluas (diekspansi) ke dalam deret Taylor,

$$f(x) = f(x_0) + \frac{(x-x_0)}{1!} f'(x_0) + \frac{(x-x_0)^2}{2!} f''(x_0) + \dots \\ + \frac{(x-x_0)^n}{n!} f^{(n)}(x_0) + \dots \quad (2.10)$$

Jika dimisalkan $x - x_0 = h$, maka

$$f(x) = f(x_0) + \frac{h}{1!} f'(x_0) + \frac{h^2}{2!} f''(x_0) + \dots + \frac{h^n}{n!} f^{(n)}(x_0) + \dots \quad (2.11)$$

Untuk alasan praktis, proses komputasi dilakukan sampai pada suku ke n saja. Artinya ada bagian atau beberapa suku sisanya yang dipotong dan tidak dimasukkan ke dalam proses komputasi. Suku-suku yang diabaikan tersebut dikenal sebagai Residu; dan merupakan galat karena pemotongan. Jika faktor residu dimasukkan ke dalam deret Taylor, maka persamaan (1.1) menjadi,

$$f(x) = f(x_0) + \frac{(x-x_0)}{1!} f'(x_0) + \frac{(x-x_0)^2}{2!} f''(x_0) + \dots + \frac{(x-x_0)^n}{n!} f^{(n)}(x_0) + R_n(x) \quad (2.12)$$

$R_n(x)$ adalah Residu, dan merupakan besar galat yang timbul akibat pemotongan. $R_n(x)$ dihitung dengan rumus,

$$R_n(x) = \frac{(x-x_0)^{(n+1)}}{(n+1)!} f^{(n+1)}(c) \quad (2.13)$$

Karena nilai c yang tepat tidak diketahui, maka kita perlu menghitung nilai maksimum $|R_n|$ untuk menghitung besarnya galat, yaitu

$$|R_n(x)| < \max_{x_0 \leq c \leq x} |f^{(n+1)}(c)| x \frac{(x-x_0)^{(n+1)}}{(n+1)!} \quad (2.14)$$

2.9.2 Persamaan Linear

Kita telah mengenal penyelesaian sistem persamaan linier, seperti eliminasi Gauss, Gauss-Jordan, atau metode balikan matriks. Metode-metode tersebut termasuk metode langsung. Pada bab ini akan dibahas metode tak langsung atau disebut juga metode iterasi. Metode iterasi yang akan dibahas adalah metode iterasi Jacobi, dan Gauss-Seidel. Pada metode Jacobi, nilai hampiran dikoreksi secara serentak. Artinya nilai hampiran mengacu pada nilai hampiran sebelumnya. Sedangkan pada metode Gauss-Seidel, nilai hampiran

dihitung berdasarkan nilai hampiran terbaru atau terakhir. Misal terdapat sistem persamaan linier,

$$\begin{aligned}
 a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\
 a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\
 a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + \dots + a_{3n}x_n &= b_3 \\
 \vdots & \\
 a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n
 \end{aligned}
 \tag{2.15}$$

Jika sistem persamaan linier tersebut ditulis dalam bentuk matriks, maka

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}
 \tag{2.16}$$

Misal

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = A \quad \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = x \quad \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} = b$$

Sehingga $Ax = b$ (2.17)

Hal yang perlu diperhatikan adalah seluruh elemen $A \neq 0$. Jika ada elemen $A = 0$, maka lakukan pertukaran baris. Matriks A dapat diuraikan menjadi

$$\begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & a_{11} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{11} & \dots & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 0 & 0 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{Jika } \begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & a_{11} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = D;$$

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{21} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{11} & \dots & 0 \end{bmatrix} = L;$$

$$\begin{bmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 0 & 0 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} = U$$

Maka matriks A dapat ditulis dalam bentuk $A = D + L + U$ (2.18)

Substitusi persamaan (2.19) ke (2.18) didapat, $(D + L + U)x = b$ (2.19)

2.9.2.1 Metode Iterasi Jacobi

Metode iterasi Jacobi adalah metode iterasi yang menghitung nilai hampiran sekarang atau terbaru dengan mengacu pada nilai hampiran sebelumnya.

Dari persamaan (2.19) didapat

$$\begin{aligned} Dx + (L + U)x &= b \\ Dx &= b - (L + U)x \\ x &= D^{-1}b - D^{-1}(L + U)x \\ x(k+1) &= D^{-1}b - D^{-1}(L + U)x(k) \end{aligned} \quad (2.20)$$

$$x_i^{(k+1)} = \frac{b_i - \sum_{j=1, j \neq i}^{i-1} a_{ij} x_j^{(k)}}{a_{ii}}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.21)$$

Dalam bentuk sistem persamaan dapat ditulis menjadi,

$$\begin{aligned}
x_1^{(k+1)} &= \frac{b_1 - a_{12}x_2^{(k)} - a_{13}x_3^{(k)} - \dots - a_{1n}x_n^{(k)}}{a_{11}} \\
x_2^{(k+1)} &= \frac{b_2 - a_{21}x_1^{(k)} - a_{23}x_3^{(k)} - \dots - a_{2n}x_n^{(k)}}{a_{22}} \\
&\vdots \\
x_n^{(k+1)} &= \frac{b_n - a_{n1}x_1^{(k)} - a_{n2}x_2^{(k)} - \dots - a_{n(n-1)}x_{n-1}^{(k)}}{a_{nn}}
\end{aligned}$$

2.9.2.2 Metode Iterasi Gauss-Seidel

Metode iterasi Gauss-Seidel adalah metode iterasi yang menghitung nilai hampiran sekarang dengan mengacu pada nilai hampiran terbaru.

Karena $A = D + L + U$, maka dari pers. (2.18) didapat

$$(D + L + U)x = b \text{ atau } Dx + Lx + Ux = b$$

Sehingga $Dx = b - Lx - Ux$

$$x = D^{-1}b - D^{-1}Lx - D^{-1}Ux$$

$$x(k+1) = D^{-1}b - D^{-1}Lx(k) - D^{-1}Ux(k) \quad (2.22)$$

$$x_i^{(k+1)} = \frac{b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^{(k+1)} - \sum_{j=i+1}^n a_{ij}x_j^{(k)}}{a_{ii}}, k = 0, 1, 2, \dots \quad (2.23)$$

$$x_1^{(k+1)} = \frac{b_1 - a_{12}x_2^{(k)} - a_{13}x_3^{(k)} - \dots - a_{1n}x_n^{(k)}}{a_{11}}$$

$$x_2^{(k+1)} = \frac{b_2 - a_{21}x_1^{(k)} - a_{23}x_3^{(k)} - \dots - a_{2n}x_n^{(k)}}{a_{22}}$$

$$x_n^{(k+1)} = \frac{b_n - a_{n1}x_1^{(k+1)} - a_{n2}x_2^{(k+1)} - \dots - a_{n(n-1)}x_{n-1}^{(k+1)}}{a_{nn}}$$

2.9.2.3 Metode Penyelesaian Persamaan Non-Linier

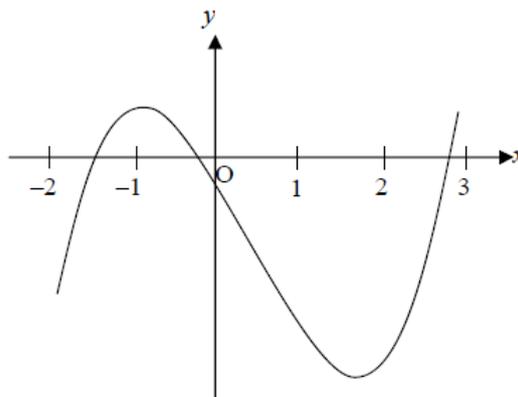
Secara garis besar, metode yang digunakan untuk menentukan akar-akar atau penyelesaian persamaan non-linier dikelompokkan menjadi metode, yaitu metode tertutup dan terbuka

A. Metode Tertutup atau Metode Pengurung (*Bracketing Method*)

Metode Tertutup disebut juga Metode Pengurung (*bracketing method*) adalah metode yang mencari akar atau akar-akar di dalam selang $[a, b]$. Metode tertutup terdiri dari beberapa jenis, yaitu metode grafis, metode bagi dua (*bisection*), dan metode posisi salah (*regula falsi*).

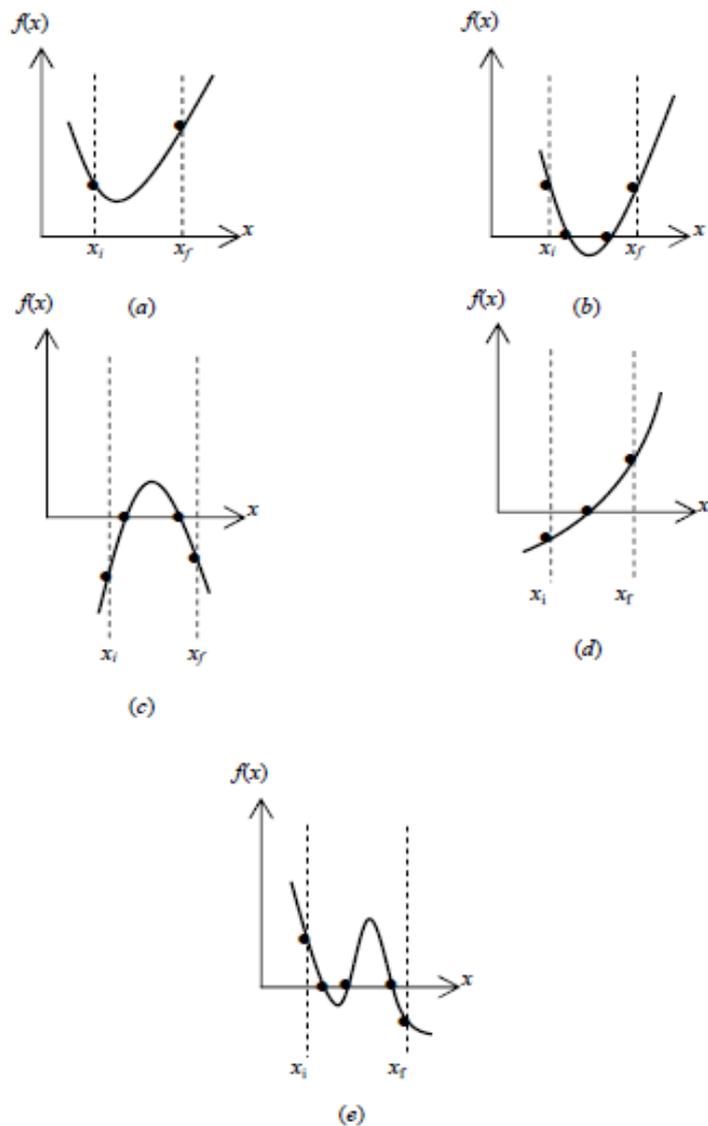
- Metode Grafis

Metode grafis adalah metode yang sederhana untuk memperoleh hampiran nilai x untuk fungsi $f(x) = 0$ atau titik di mana grafik fungsi memotong sb. x . Misal terdapat fungsi $f(x) = x^3 - x^2 - 4x - 1$. Lalu kita gambarkan grafik fungsi tersebut pada koordinat Kartesius (lihat gambar berikut).



Gambar. 2.7. Grafik Fungsi $f(x) = x^3 - x^2 - 4x - 1$.

Dari gambar tersebut kita dapat memperkirakan nilai dari akar-akar persamaan, yaitu $x_1 = (-1,4)$, $x_2 = (-0,3)$, dan $x_3 = (2,7)$. Kekurangan metode grafis adalah hasil yang didapat merupakan hampiran kasar. Dengan kata lain galat (*error*) yang dihasilkan lebih besar jika dibandingkan dengan metode lainnya. Sedangkan kelebihanannya adalah dapat memperlihatkan sifat-sifat fungsi.



Gambar 2.8. Sifat - Sifat Fungsi.

Perhatikan Gambar 2.8. (a), (b), (c), dan (d). Misal $f(x)$ adalah fungsi yang kontinu dan tidak menyinggung sumbu x pada $[x_i, x_f]$. Jika $f(x_i)$ dan $f(x_f)$ mempunyai tanda yang sama; + dan + atau - dan -, maka jumlah titik potong $f(x)$ dengan sumbu x berjumlah genap (0, 2, 4, ...). Lihat gambar 2.15. (a), (b), dan (c).

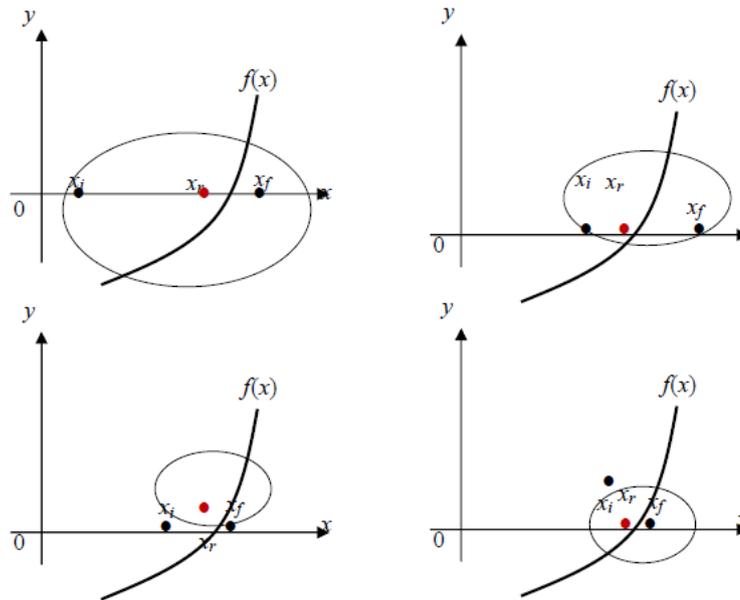
Jika $f(x_i)$ dan $f(x_f)$ mempunyai tanda yang berbeda; + dan - atau - dan +, maka jumlah titik potong $f(x)$ dengan sumbu x berjumlah ganjil (1, 3, 5, ...). Lihat gambar 2.8. (d) dan (e).

- Metode Bagi Dua (*Bisection*)

Metode bagi dua disebut juga pemotongan biner (*binary chopping*), metode pembagian dua (*interval halving*), atau metode Bolzano adalah metode suatu jenis pencarian nilai hampiran secara inkremental dengan cara membagi interval menjadi dua bagian. Prinsip metode bagi dua adalah mengurung akar fungsi pada interval $[x_i, x_f]$. Selanjutnya interval tersebut terus menerus dibagi dua hingga sekecil mungkin, sehingga nilai hampiran yang dicari dapat ditentukan dengan tingkat akurasi tertentu.

Algoritmanya adalah sebagai berikut:

1. Taksir batas bawah (x_i) dan batas atas (x_f) dengan syarat $f(x_i) \cdot f(x_f) < 0$
2. Hitung nilai hampiran akar dengan rumus, $x_r = \frac{x_i + x_f}{2}$
3. Jika $f(x_i) \cdot f(x_r) < 0$, maka $x_f = x_r$. Lanjutkan ke langkah 4
Jika $f(x_i) \cdot f(x_r) > 0$, maka $x_i = x_r$. Lanjutkan ke langkah 4
Jika $f(x_i) \cdot f(x_r) = 0$, maka akar = x_r . Stop.
4. Hitung nilai hampiran akar yang baru dengan rumus pada langkah 2.
Ingat, nilai x_i dan/atau x_f adalah nilai baru yang didapat dari langkah 3.
5. Jika nilai akar telah mencapai tingkat akurasi yang telah ditentukan, stop komputasi. Jika tidak kembali ke langkah 3.



Gambar. 2.9. Grafik dari Algoritma Metode Bagi Dua

Nilai x_r dicari dengan rumus

$$x_r = \frac{x_f + x_i}{2} \quad (2.24)$$

Jumlah leleran atau iterasi R untuk menjamin nilai solusi hampiran memiliki galat kurang dari batas toleransi kesalahan ϵ_{rh} adalah

$$R > \frac{\ln|x_f - x_i| - \ln\epsilon}{\ln 2} \quad (2.25)$$

- Metode Regula Falsi (*False Position Methode*)

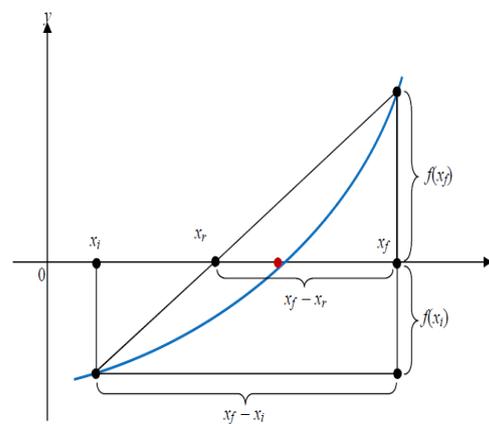
Istilah *Regula Falsi* - berasal dari bahasa latin - atau Metode Posisi Palsu (*False Posision Method*) termasuk metode tertutup atau metode pengurung.

Perbedaannya dengan metode bagi dua adalah pada cara menentukan nilai akar. Persamaannya adalah nilai akar yang dicari dikurung oleh interval tertutup $[x_i, x_f]$.

Pada metode posisi palsu digunakan garis lurus yang menghubungkan titik koordinat $(x_i, f(x_i))$ dan $(x_f, f(x_f))$. Perpotongan garis yang dibuat dengan sumbu x menghasilkan taksiran nilai akar yang dicari.

Algoritmanya adalah sebagai berikut:

1. Taksir batas bawah (x_i) dan batas atas (x_f) dengan syarat $f(x_i) \cdot f(x_f) < 0$
2. Hitung nilai hampiran akar dengan rumus, $x_r = (x_i + x_f)/2$
3. Jika $f(x_i) \cdot f(x_r) < 0$, maka $x_f = x_r$. Lanjutkan ke langkah 4
 Jika $f(x_i) \cdot f(x_r) > 0$, maka $x_i = x_r$. Lanjutkan ke langkah 4
 Jika $f(x_i) \cdot f(x_r) = 0$, maka akar $= x_r$. Stop.
4. Hitung nilai hampiran akar yang baru dengan rumus pada langkah 2.
 Ingat, nilai x_i dan/atau x_f adalah nilai baru yang didapat dari langkah 3.
5. Jika nilai akar telah mencapai tingkat akurasi yang telah ditentukan, stop komputasi. Jika tidak kembali ke langkah 3.



Gambar. 2.10. Grafik dari Metode Regula Falsi

B. Metode Terbuka

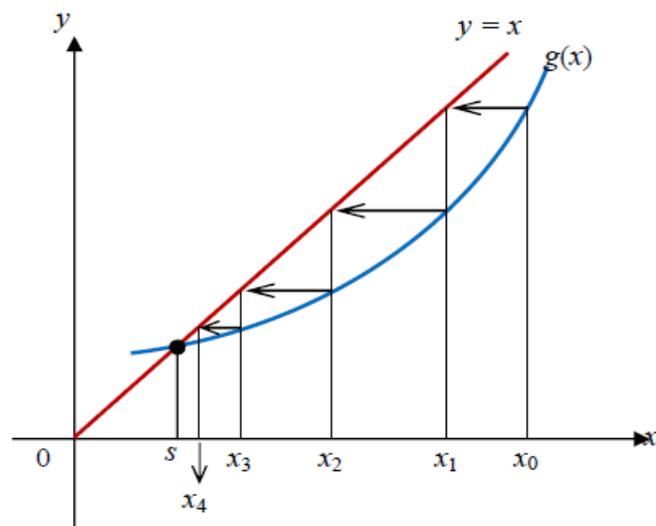
Metode terbuka adalah metode yang menggunakan satu, atau dua tebakan awal yang tidak perlu mengurung akar. Metode terbuka terdiri dari beberapa jenis, yaitu metode Iterasi Titik Tetap, metode Newton-Raphson, dan metode Secant.

- Metode Iterasi Titik Tetap

Metode ini juga disebut metode sederhana, langsung, atau metode suling beruntun. Jika terdapat suatu fungsi $f(x)$ dan kita akan mencari akar atau akar-akar dari fungsi tersebut, berarti kita harus menetapkan $f(x) = 0$ sedemikian sehingga $x = g(x)$.

Algoritma dari metode iterasi titik tetap adalah:

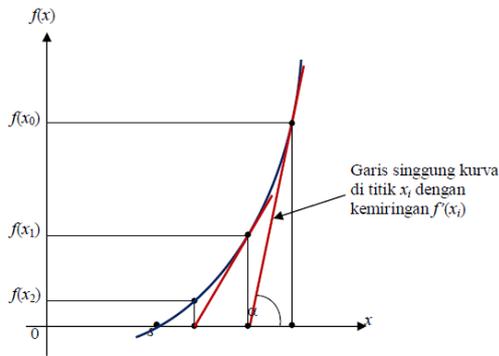
1. Bentuk fungsi $f(x)$ menjadi $f(x) = 0$
2. Dari no. 1 susun menjadi bentuk $x = g(x)$
3. Lakukan tebakan awal x_r
4. Hitung x_{r+1} dengan menggunakan rumus $x_{r+1} = g(x_r)$



Gambar. 2.11 Algoritma dari Metode Iterasi Titik Tetap

- Metode Newton-Raphson

Metode ini juga termasuk metode terbuka seperti halnya metode iterasi titik tetap. Rumus yang digunakan pada metode Newton-Raphson dapat diturunkan secara grafis maupun perluasan deret Taylor.



Gambar. 2.12. Iterasi Newton-Raphson secara grafis

$$f'(x_i) = \tan \alpha = \frac{f(x_i)}{x_i - x_{i+1}} \quad (2.26)$$

Sehingga Iterasi Newton-Raphson didapat

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \quad (2.27)$$

- Penurunan rumus iterasi Newton-Raphson dengan perluasan deret Taylor.

Perluasan deret Taylor dapat dinyatakan sebagai,

$$f(x_{i+1}) = f(x_i) + f'(x_i)(x_{i+1} - x_i) + \frac{f''(\zeta)}{2}(x_{i+1} - x_i)^2 \quad (2.28)$$

Sebagai langkah untuk menghitung solusi hampiran, kita dapat mengabaikan suku-suku setelah turunan pertama. Sehingga deret Taylor dapat ditulis menjadi,

$$f(x_{i+1}) = f(x_i) + f'(x_i)(x_{i+1} - x_i) \quad (2.29)$$

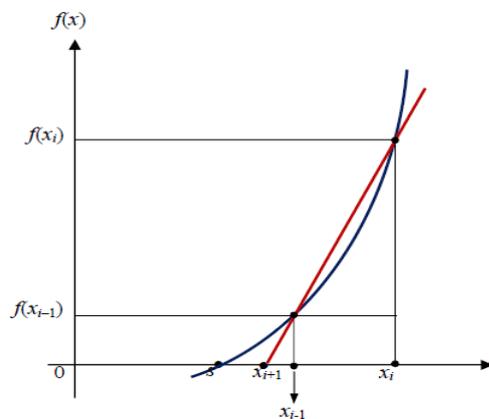
Pada saat kurva memotong sumbu x , maka $f(x_{i+1}) = 0$

Jadi $0 = f(x_i) + f'(x_i)(x_{i+1} - x_i)$

$$\text{Atau } x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)} \quad (= \text{Persamaan 2.30})$$

- Metode Secant

Metode iterasi Secant merupakan metode yang dihasilkan dari modifikasi dari metode Newton-Raphson dengan cara mengganti $f'(x)$ pada persamaan (2.30) dengan bentuk yang mendekati seperti pada gambar berikut. Dari grafik dapat dilihat bahwa metode secant membutuhkan dua buah tebakan awal, seperti halnya pada metode bagi dua (*bisection*) atau regula falsi. Bedanya dua tebakan awal pada metode secant tidak perlu mengurung solusi.



Gambar. 2.13. Iterasi Metode Secant Secara Grafis.

2.9.2.4 Sistem Persamaan Non-Linear

Metode penyelesaian sistem persamaan non-linier terdiri dari metode iterasi titik tetap dan metode Newton-Raphson. Bentuk umum sistem persamaan non-linier adalah sebagai berikut.

$$\left. \begin{array}{l} f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{array} \right\} \quad (2.31)$$

Solusi sistem persamaan menghasilkan nilai x_1, x_2, \dots, x_n yang memenuhi seluruh persamaan.

- Metode Iterasi Titik Tetap

Prosedur iterasi titik tetap untuk sistem persamaan linier yang terdiri dari misalnya, 3 persamaan adalah

$$\left. \begin{aligned} x_r + 1 &= g_1(x_r, y_r, z_r) \\ y_r + 1 &= g_2(x_r, y_r, z_r) \\ z_r + 1 &= g_3(x_r, y_r, z_r) \\ r &= 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \right\} \quad (2.32)$$

Metode iterasi titik tetap seperti pada persamaan (2.32) disebut metode Jacobi. Untuk meningkatkan kecepatan konvergensi, maka nilai hampiran variabel yang didapat langsung digunakan untuk menentukan nilai hampiran variabel selanjutnya.

Sehingga persamaan (2.8) menjadi

$$\left. \begin{aligned} x_r + 1 &= g_1(x_r, y_r, z_r) \\ y_r + 1 &= g_2(x_r + 1, y_r, z_r) \\ z_r + 1 &= g_3(x_r + 1, y_r + 1, z_r) \end{aligned} \right\} \quad (2.33)$$

Metode iterasi titik tetap seperti pada persamaan (2.32) disebut metode seidel.

2.9.3 Diferensiasi Numerik

Rumus hampiran turunan dapat dihasilkan dengan cara melakukan differensiasi polinomial yang dihasilkan dari proses pencocokan kurva (*curve fitting*) atau dengan menggunakan metode selisih Newton-Gregory.

2.9.3.1 Polinomial Pencocokan Kurva

Proses pencocokan kurva menghasilkan sebuah polinomial yang mempunyai bentuk,

$$p_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x_2 + a_3x_3 + \dots \quad (2.34)$$

Untuk mencari turunan dari $p_n(x)$, kita dapat secara langsung melakukan diferensiasi persamaan (2.34)

Turunan pertama

$$f'(x) = \frac{d}{dx}(p_n(x)) = a_1 + 2a_2x + 3a_3x^2 + \dots \quad (2.35)$$

Turunan kedua

$$f''(x) = \frac{d}{dx}(f'(x)) = 2a_2 + 6a_3x + 12a_4x^2 + \dots \quad (2.36)$$

2.9.4 Integrasi Numerik

Integrasi numerik adalah proses mencari hampiran luas bidang yang dibatasi oleh $f(x)$ dan sumbu x pada selang tertutup $[a, b]$. Jika $f(x)$ dihampiri dengan polinomial $p_n(x)$, maka integrasi numerik ditulis dalam bentuk,

$$I = \int_a^b f(x) dx$$
$$\approx \int_a^b p_n(x) dx \quad (2.37)$$

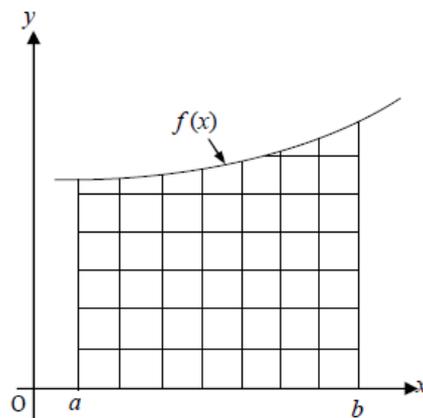
Proses pencarian nilai hampiran I dilakukan jika:

- a. Fungsi $f(x)$, disebut intregran, mempunyai bentuk yang sulit untuk dilakukan proses integrasi.
- b. Nilai x dan $f(x)$ hanya dalam bentuk tabel diskrit.

Proses menentukan nilai hampiran integrasi numerik dilakukan dengan beberapa cara atau metode, yaitu metode manual, pencocokan polinomial, aturan trapesium, aturan titik tengah, aturan Simpson, integrasi Romberg, serta Kuadratur Gauss.

2.9.4.1 Metode Manual

Proses integrasi numerik secara manual adalah menentukan luas bidang dengan cara menggambar persegi-persegi yang berada di bawah grafik $f(x)$. Jumlah persegi yang berada di bawah grafik dikalikan dengan luas masing-masing persegi merupakan luas bidang yang dibatasinya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14



Gambar. 2.14. Hampiran Luas Bidang Metode Manual.

2.9.4.2 Polinomial Pencocokan Kurva

Jika terdapat sebuah fungsi $f(x)$ yang sulit untuk dilakukan proses integrasi, seperti

$$f(x) = \sqrt{\frac{2}{x^3} + e^{5x} + \sin x} \quad (2.38)$$

Atau data yang menyajikan nilai $f(x)$ untuk nilai tertentu, seperti tabel berikut,

Tabel. 2.1. Tabel Nilai $f(x)$.

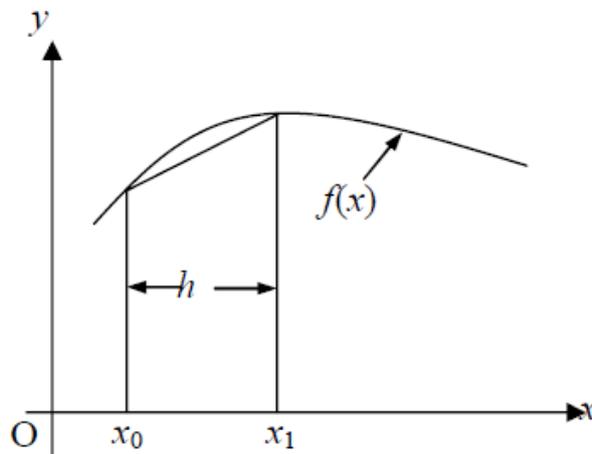
x	1	2	3	4	5
$f(x)$	2,1722	2,7638	4,4899	7,3912	12,1832

Maka $f(x)$ dapat dihampiri dengan $p_n(x)$ seperti persamaan berikut,

$$p_n(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots \quad (2.39)$$

2.9.4.3 Aturan Trapesium

Aturan trapesium didapat dengan cara mencocokkan polinomial orde pertama pada dua buah titik diskrit.



Gambar 2.15. Luas Satu Pias Trapesium.

Luas satu pias trapesium adalah

$$I = \int_{x_0}^{x_1} f(x) dx \approx \int_{x_0}^{x_1} p_1(x) dx \approx \int_{s(x_0)}^{s(x_1)} p_1(x_0 + sh) dx \quad (2.40)$$

Parameter interpolasi s dicari dengan persamaan,

$$s = (x - x_0) / h \text{ atau } x = x_0 + sh \quad (2.41)$$

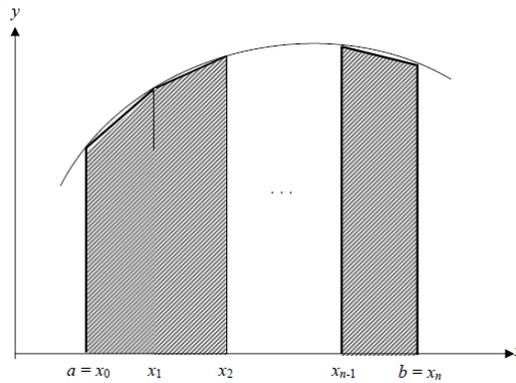
Sehingga, $dx = h ds$ (2.42)

$$\text{Untuk } \left. \begin{array}{l} x = x_0 \rightarrow s = 0 \\ x = x_1 \rightarrow s = 1 \end{array} \right\} \quad (2.43)$$

$$p_1(x_0 + sh) = f_0 + s\Delta f_0 \quad (2.44)$$

Substitusi persamaan (2.39) – (2.41) ke (2.37) didapat

$$\begin{aligned} I &\approx h \int_0^1 (f_0 + s\Delta f_0) ds = h \left[sf_0 + \frac{s^2}{2} \Delta f_0 \right]_0^1 \\ &\approx h(f_0 + \frac{1}{2}(f_1 - f_0)) = \frac{1}{2}h(f_0 + f_1) \end{aligned} \quad (2.45)$$



Gambar. 2.16. Luas n Buah Trapezium

$$n = (x_n - x_0) / h \quad (2.46)$$

Luas seluruh bidang untuk jarak h yang sama adalah

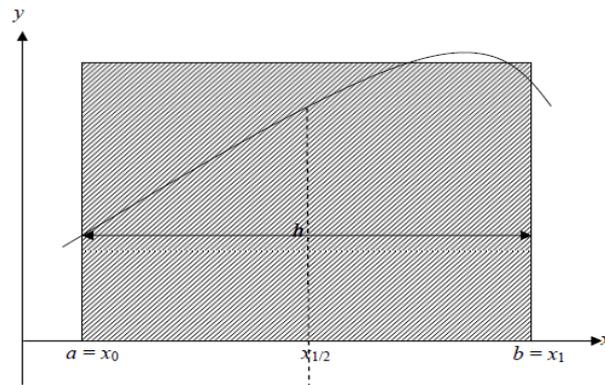
$$\begin{aligned} I_{total} &\approx \int_{x_0}^{x_n} p_1(x) dx \\ &\approx \int_{x_0}^{x_1} p_1(x) dx + \int_{x_1}^{x_2} p_1(x) dx + \dots + \int_{x_{n-1}}^{x_n} p_1(x) dx \\ &\approx \frac{1}{2}h(f_0 + f_1) + \frac{1}{2}h(f_1 + f_2) + \dots + \frac{1}{2}h(f_{n-1} + f_n) \\ &\approx \frac{1}{2}h(f_0 + 2f_1 + 2f_2 + \dots + 2f_{n-1} + f_n) \end{aligned} \quad (2.47)$$

Luas seluruh bidang untuk jarak h yang tidak sama

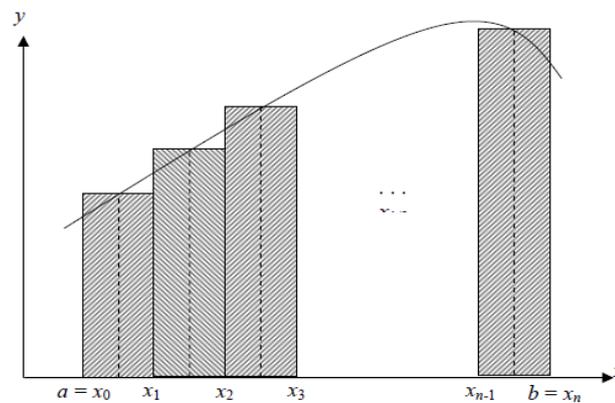
$$I_{total} \approx \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{2}h_i(f_i + f_{i+1}) \quad (2.48)$$

2.9.4.4 Aturan Titik Tengah

Gambar berikut adalah sebuah persegi panjang dari $x = x_0$ sampai $x = x_1$ dan titik tengah $x = x_{1/2} = x_0 + h/2$



Gambar. 2.17 Aturan Titik Tengah.



Gambar. 2.18 n Buah Persegi Panjang Dengan Panjang Masing - Masing

$$f(x_n + h/2)$$

Luas n buah titik tengah adalah

$$\begin{aligned}
 I &= \int_{x_0=a}^{x_n=b} f(x)dx = \int_{x_0}^{x_1} f(x)dx + \int_{x_1}^{x_2} f(x)dx + \dots + \int_{x_{n-1}}^{x_n} f(x)dx \\
 &\approx h \left\{ f\left(x_0 + \frac{h}{2}\right) + f\left(x_1 + \frac{h}{2}\right) + f\left(x_2 + \frac{h}{2}\right) + \dots + f\left(x_{n-1} + \frac{h}{2}\right) \right\} \quad (2.49)
 \end{aligned}$$

Persamaan (2.49) adalah hampiran integrasi $f(x)$ menggunakan metode titik tengah.

2.9.4.5 Jenis-jenis persamaan differensial

Persamaan differensial dibedakan menurut orde, derajat, linieritas, dan jumlah variable bebas seperti yang ditunjukkan pada table 2.6.

Tabel 2.2 Jenis - Jenis Persamaan Differensial.

No	Persamaan Differensial	Orde	Derajat	Linier/ Non-linier	Biasa / Parsial
1	$\frac{dy}{dx} = 1$	1	1	Linier	Biasa
2	$\left(\frac{d^3y}{dx^3}\right)^2 = 3x$	3	2	Non-linier	Biasa
3	$\left(\frac{d^3y}{dx^3}\right)^2 + 3\left(\frac{dy}{dx}\right)^3 + 2y = 0$	3	2	Non-linier	Biasa
4	$yy'' + xy' = ex$	2	1	Non-linier	Biasa
5	$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = f(x, y, z)$	2	1	Linier	Parsial
6	$\frac{\partial u}{\partial x} = c \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$	3	2	Linier	Parsial
7	$2y''' + yy'' = 0$	3	2	Non-linier	Biasa

Solusi numerik yang akan dibahas hanya mencakup Persamaan Differensial Biasa (PDB) Orde Pertama.

2.9.4.6 Metode Penyelesaian Persamaan Differensial Biasa.

Metode-metode yang biasa digunakan untuk menentukan solusi PDB orde pertama adalah:

- Metode *Euler*
- Metode *Heun*
- Metode Deret *Taylor*
- Metode *Runge-Kutta*

A. Metode Euler

Metode Euler dibedakan menjadi 3 bentuk, yaitu:

- Metode *Euler* Maju (*Forward*)
- Metode *Euler* Mundur (*Backward*)
- Metode *Euler* yang Dimodifikasi (*Modified*)
 - Metode *Euler* Langkah Maju (*Forward*)

Tinjau Persaman Differensial Biasa Orde Pertama berikut.

$$y' = f(x, y); \quad y(x_0) = y_0 \quad (2.50)$$

Tentukan titik n sebagai titik dasar (Gambar 2.17) dan susun aproksimasi beda

hingga (*finite difference*) dari persamaan (2.50).



Gambar. 2.19. Titik n Sebagai Titik Dasar.

Misal $y_r = y(x_r)$ adalah nilai hampiran y di titik x_r , dan $h = x_{r+1} - x_r$ (2.51)

Jika $y(x_{r+1})$ diuraikan disekitar x_n pada deret *Taylor*, maka didapat

$$y(x_{r+1}) = y(x_r) + \frac{x_{r+1} - x_r}{1!} y'(x_r) + \frac{(x_{r+1} - x_r)^2}{2!} y''(x_r) + \dots \quad (2.52)$$

Dua suku pertama pada persamaan (2.52) adalah

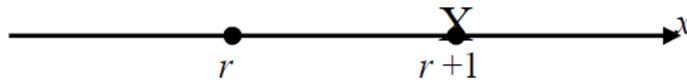
$$y(x_{r+1}) = y(x_r) + \frac{x_{r+1} - x_r}{1!} y'(x_r) \quad (2.53)$$

Substitusi persamaan (2.50) dan (2.51) ke (2.52) didapat

$$y(x_{r+1}) = y(x_r) + h(x_r, y_r) = y_r + hf_r \quad (2.54)$$

- Metode *Euler* Mundur (*Backward*)

Tentukan titik $r + 1$ sebagai titik dasar (Gambar 2.19) dan susun aproksimasi beda hingga (*finite difference*) dari persamaan (2.51).



Gambar. 2.20. Titik $r+1$ Sebagai Titik Dasar.

Jika $y(x_{r+1})$ diuraikan di sekitar x_r pada deret Taylor, maka didapat

$$y(x_{r+1}) = y(x_r) + \frac{x_{r+1} - x_r}{1!} y'(x_{r+1}) + \frac{(x_{r+1} - x_r)^2}{2!} y''(x_{r+1}) + \dots \quad (2.56)$$

Dua suku pertama pada persamaan (2.55)

$$y(x_{r+1}) = y(x_r) + \frac{x_{r+1} - x_r}{1!} y'(x_{r+1}) \quad (2.57)$$

Substitusi persamaan (2.50) dan (2.51) ke (2.55) didapat

$$y(x_{r+1}) = y(x_r) + hf(x_{r+1}, y_{r+1}) = y_r + hf_{r+1} \quad (2.58)$$

- Metode Heun

Metode Heun (disebut juga metode Prediktor-Korektor Euler yang dimodifikasi). Solusi dari metode ini terdiri dari dua langkah, yaitu Prediktor dan Korektor.

$$y_{r+1}^p = y_r + hf_r = y_r + h(x_r, y_r) \quad (2.59)$$

$$y_{r+1}^c = y_r + hf_r = y_r + \frac{1}{2} hf(x_r, y_r) + f(x_{r+1}, y_{r+1}^p) \quad (2.60)$$

- Metode Deret Taylor

Deret Taylor dapat digunakan untuk mengevaluasi suatu fungsi jika turunan dan nilai turunan pada suatu titik tertentu diketahui.

Misal terdapat PDB tak-linier,

$$y' = f(x, y) \quad ; \quad y(x_0) = y_0 \quad (2.61)$$

Misal $y_{r+1} = y(x_{r+1})$, $r = 1, 2, 3, \dots, n$ adalah hampiran nilai y di x_{r+1} disekitar x_r sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
y(x_{r+1}) = & y(x_r) + y'(x_r)(x_{r+1} - x_r) + \frac{1}{2!} y''(x_r)(x_{r+1} - x_r)^2 \\
& + \frac{1}{3!} y'''(x_r)(x_{r+1} - x_r)^3 + \dots \\
& + \frac{1}{n!} y^{(n)}(x_r)(x_{r+1} - x_r) + \dots
\end{aligned} \tag{2.62}$$

Atau

$$\begin{aligned}
y(x_{r+1}) = & y(x_r) + hy'(x_r) + \frac{1}{2!} h^2 y''(x_r) + \\
& + \frac{1}{3!} h^3 y'''(x_r) + \dots + \frac{1}{n!} h^n y^{(n)}(x_r)
\end{aligned} \tag{2.63}$$

(Ir. Sudiadi, M.M.A.E. dan Ir.Rizani Teguh, MT, 2015)

2.10 Ansys

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

Ansys dapat mengimport data *Solidworks* dan juga memungkinkan untuk membangun geometri dengan kemampuan yang “*preprocessing*”. Demikian pula dalam preprocessor yang sama, elemen hingga model (jarring alias) yang diperlukan 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 satu rangkain kesatuan kedalam jumlah terbatas elemen

hingga yaitu menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan dihubungkan dengan node.

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 ada banyak rumus yang biasa digunakan untuk mencari lendutan / modulus elastisitas pada rangka yang di uji, salah satu rumus yang dipakai adalah sebagai berikut.

a. Modulus Young

Jika sebuah tongkat sepanjang L_i 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) di defenisikan sebagai gaya (F) persatuan luas (A) dan regangan Tarik (e) adalah perbandingan pertambahan panjang (ΔL) dengan panjang mula-mula (L_i) saat sebuah benda dikenai gaya.

$$\text{Tegangan, } \sigma = \frac{F}{A} \quad (2.64)$$

$$\text{Regangan, } e = \frac{\Delta L}{L_i} \quad (2.65)$$

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

$$Y = \frac{\sigma}{e} \quad (2.66)$$

$$Y = \frac{F \times L}{A \times \Delta L} \quad (2.67)$$

Tidak semua benda dapat kembali ke bentuk semula setelah dikenakan gaya. Elastisitas benda hanya berlaku sampai suatu batas yaitu batas elastisitas. Batas elastisitas di defenisikan 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
- Peiksa validitas

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Adapun tempat dan waktu penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jl. Kapten Muchtar Basri, No.3 Medan.

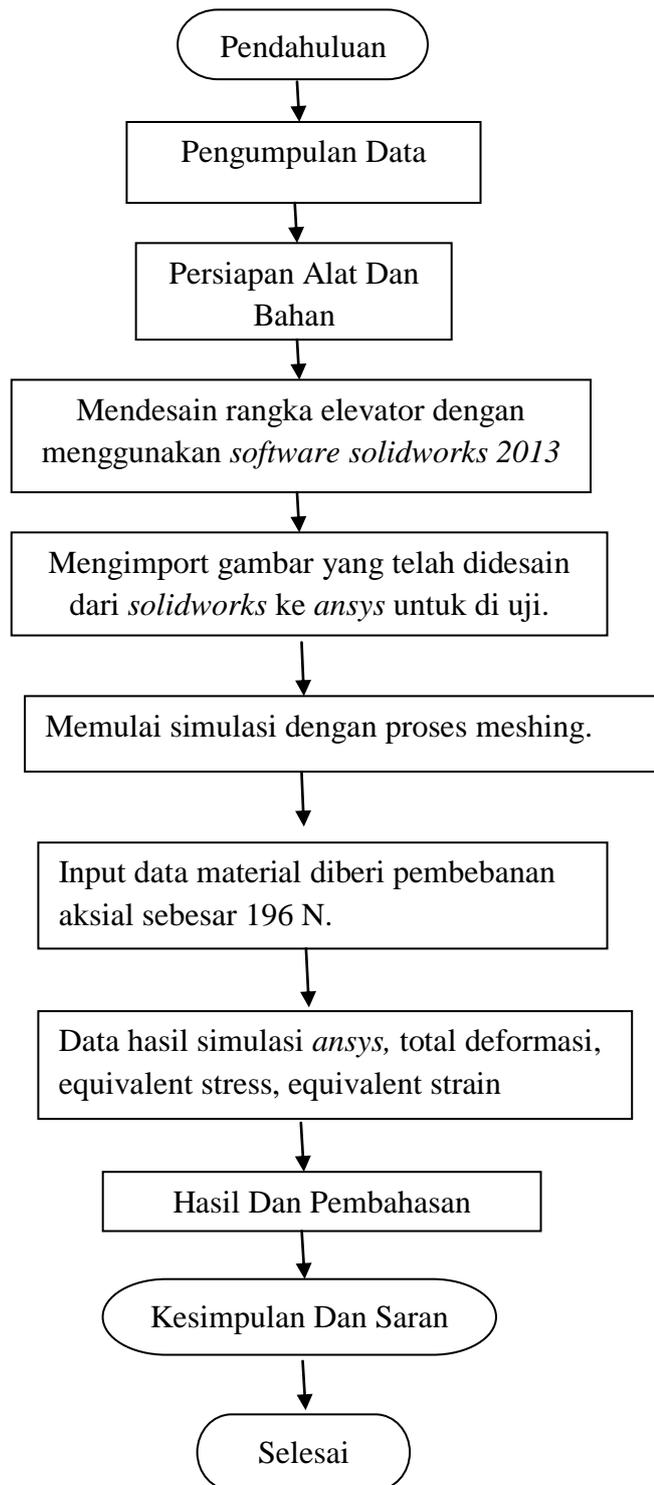
3.1.2 Waktu Penelitian

Adapun waktu kegiatan pelaksanaan penelitian ini setelah 6 bulan proposal judul tugas akhir disetujui dan dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan pada Gambar 3.1 dibawah ini :

Tabel 3.1 : Jadwal waktu dan kegiatan saat melakukan penelitian

N	Kegiatan	Bulan (Tahun 2018)						
		Feb	Mar	Ap	Mei	Juni	Juli	Agus
1.	Pengajuan Judul	■						
2.	Pengumpulan Data		■	■	■			
3.	Perancangan Desain		■	■	■	■		
4.	Pembuatan Alat		■	■	■	■		
5.	Pelaksanaan Pengujian					■	■	
6.	Penyelesaian Skripsi						■	■

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

Keterangan diagram alir penelitian :

Pengumpulan data pada rancang bangun *prototype* alat *elevator* di antaranya dengan melakukan observasi langsung ke produsen mesin. Di samping melakukan observasi secara langsung Penulis juga mencari referensi-referensi melalui internet, buku, dan lain-lain guna menunjang pembuatan laporan dan perencanaan *prototype* alat *elevator*. Data-data yang telah didapatkan selanjutnya diolah dalam bentuk tulisan dan memasukkan data-data yang dianggap perlu dan menunjang dalam proses perencanaan alat ini.

3.3. Proses Pembuatan

Pada proses pembuatan Rangka alat elevator *prototype* ini terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Mempersiapkan alat penelitian yang digunakan.
2. Proses desain pembuatan rangka alat elevator yang akan dikerjakan.

3.3.1 Alat yang digunakan

Adapun alat yang digunakan pada perancangan rangka elevator *prototype* pada pabrik kelapa sawit ini adalah sebagai berikut:

3.3.2 Leptop

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

1. Processor : AMD E-450 APU with
2. Ram : 4.00 GB (3,74 GB Usable)
3. Operating system : *windows 10 pro 64 bit operating system*

3.3.3 Prototype Bucket Elevator Pabrik Kelapa Sawit

Elevator yang digunakan dalam perancangan ini terletak dilaboratorium Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Elevator ini

merupakan mesin uji yang digunakan untuk mendapatkan unjuk kerja pada rangka seperti terlihat pada gambar 3.2



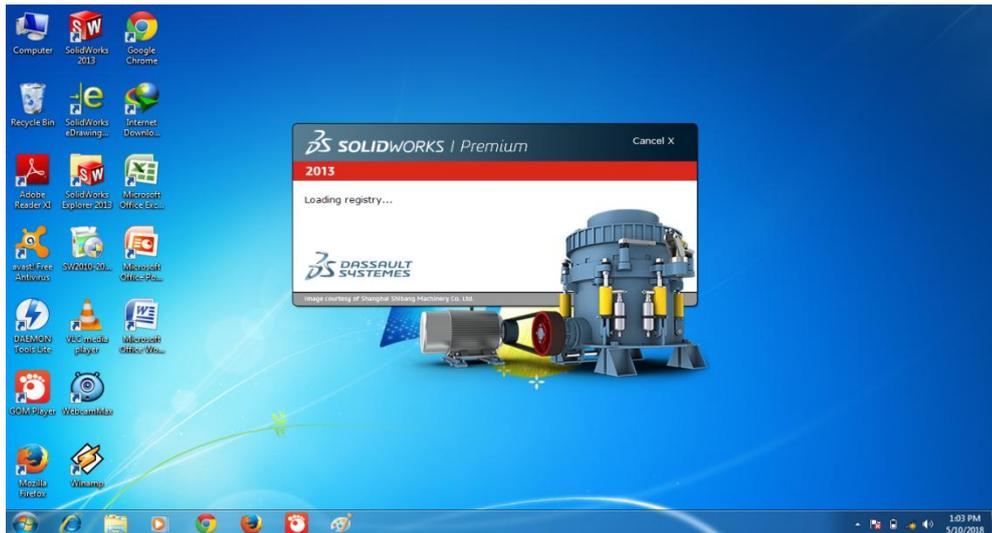
Gambar 3.2 Bucket elevator pabrik kelapa sawit

3.4 Tahap Awal Pembuatan Desain

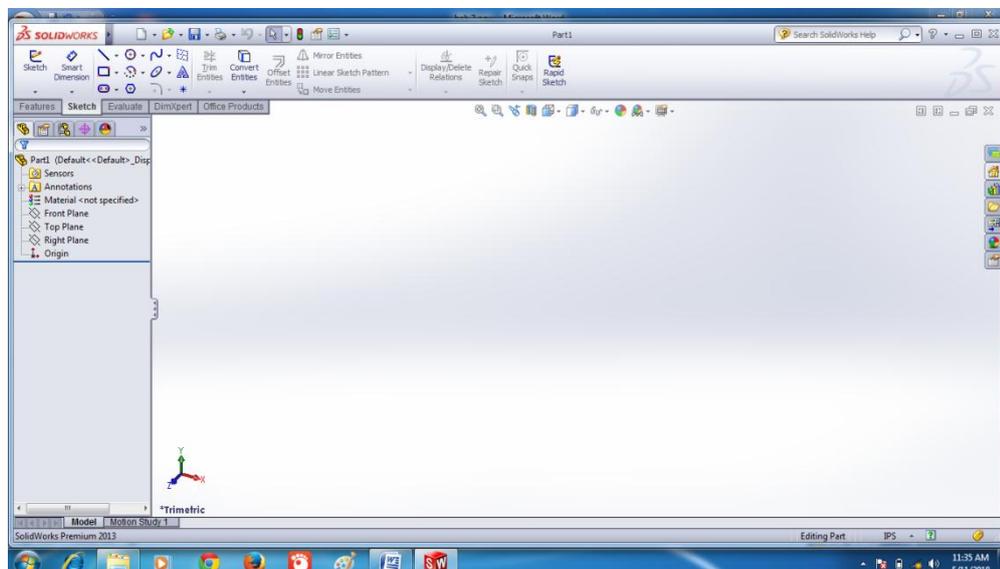
Tahap awal pembuatan ialah membuka software solidwork 2013 dan membuat desain rangka alat elevator prototype

3.4.1 Membuka Solidwork 2013

Untuk membuka solidwork 2013 dimulai dengan mengklik start menu solidwork. Tampilan layar pembuka solidwork 2013 dan tampilan jendela kerja solidwork secara berurutan diberikan pada gambar 3.3 dan 3.4



Gambar 3.3 Tampilan awal solidwork



Gambar 3.4 Tampilan jendela kerja solidwork

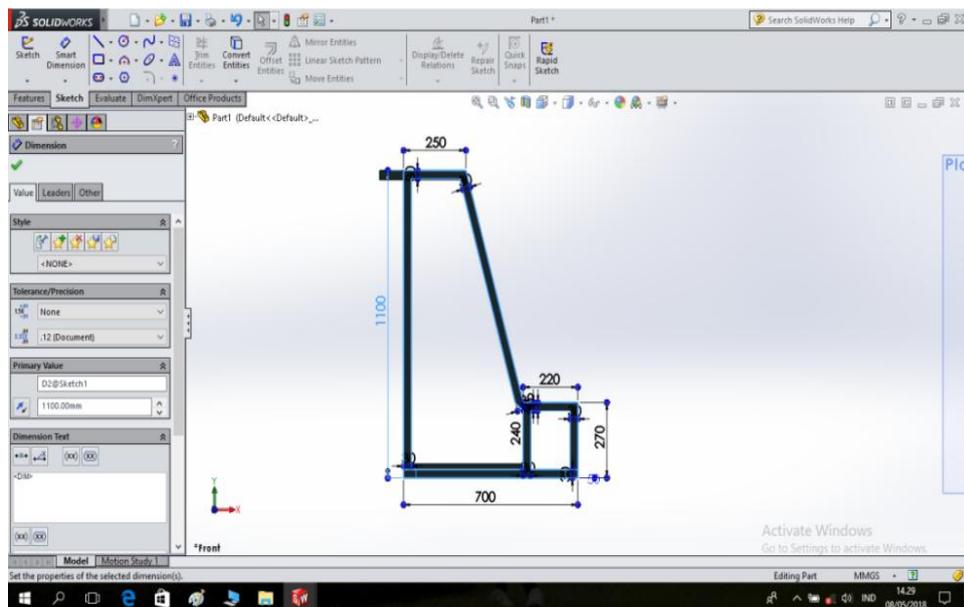
3.4.2 Desain Rangka Alat Elevator Prototype

Adapun desain alat elevator pada pabrik kelapa sawit yang dibuat dengan menggunakan *software solidwork 2013* adalah sebagai berikut :

1. Kerangka

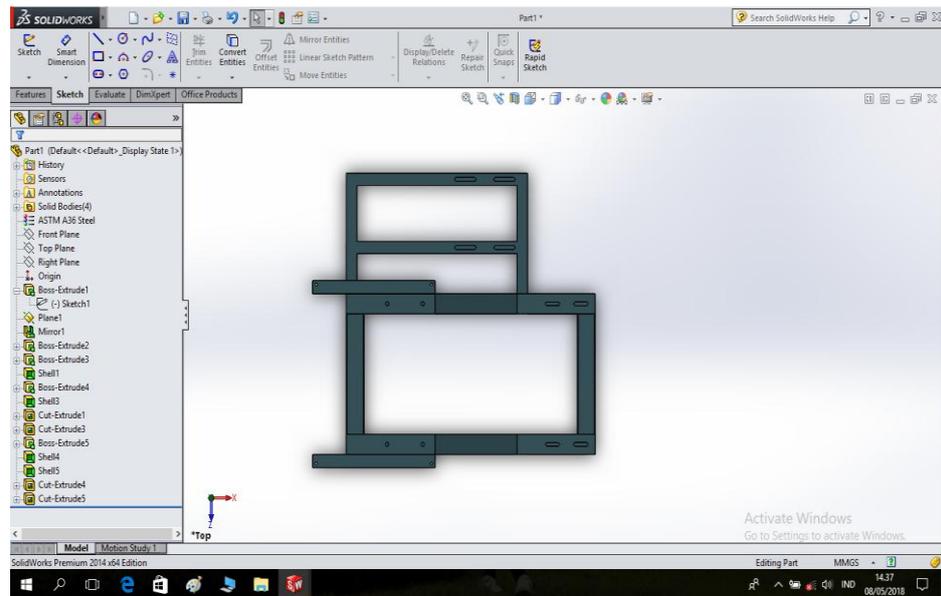
Bagian rangka terbuat dari besi balok jenis ump 5 dengan memiliki ruang ditengah dengan ukuran 50 mm x 30 mm, dan tebal 2 mm . Tinggi rangka 1.100 mm, lebar 400 mm, panjang 700 mm, pada bagian sisi kanan bawah terdapat tempat dudukan motor listrik dan gear box. Untuk meletakkan as utama, pada bagian atas rangka dipasang besi pejal (bantalan luncur). Ukuran rangka ini disesuaikan dengan tinggi posisi ruang pengeluaran dengan acuan ukurannya adalah tinggi rata-rata siku pria orang Indonesia yaitu 102,4 cm. Hal ini dimaksudkan agar operator nyaman pada saat pengoperasian alat. Desain rangka alat elevator yang akan disimulasikan dapat kita lihat pada Gambar 3.5, Gambar 3.6 dan Gambar 3.7 dibawah ini.

- a. Desain rangka alat elevator tampak samping dengan menggunakan software solidwork 2013 yang di tunjukan pada gambar 3.5



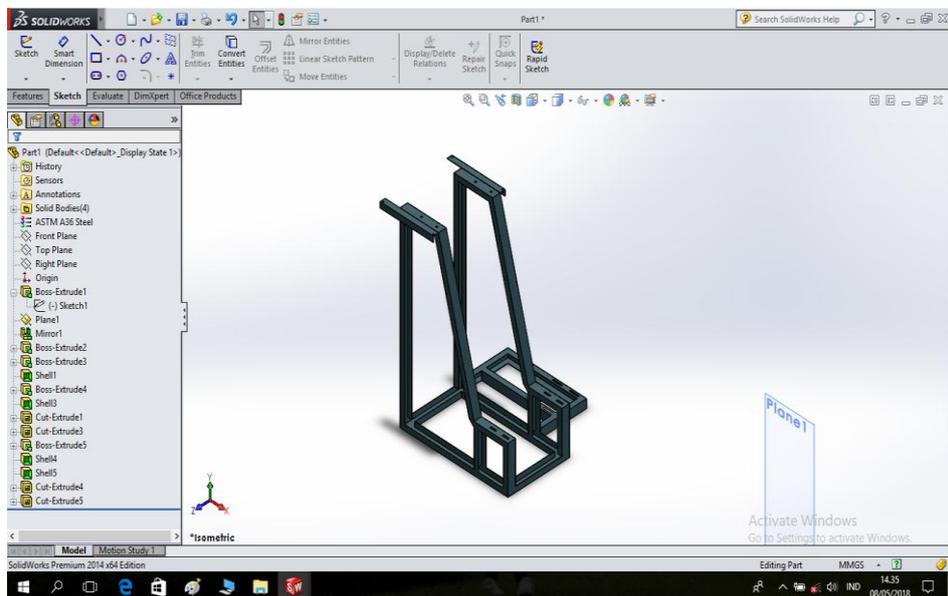
Gambar 3.5 Rangka alat elevator tampak samping dalam satuan mm

b. Desain rangka alat elevator tampak atas yang di tunjukan pada gambar 3.6



Gambar 3.6 Ukuran tampak atas rangka alat elevator dalam satuan mm

c. Desain rangka alat elevator 3 dimensi yang di tunjukan pada gambar 3.7



Gambar 3.7 Rangka alat elevator 3 dimensi dalam satuan mm

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Numerik Pada Rangka

Untuk Menganalisa perlu diketahui spesifikasi dari penggerak mula yang digunakan pada saat penelitian.

Diketahui = Daya motor : 1/2 Hp = 0,3675 Kw

Putaran Motor : 1450 Rpm

σ_B (Kekuatan tarik bahan poros) : 460 MPa (Baja Struktural)

sf_1 (factor keamanan bahan) : 6.0

sf_2 (Faktor keamanan bentuk) : 1.6

Beban yang diberikan : 196 N

4.2. Simulasi Menggunakan Ansys Workbench 14.0

Simulasi adalah suatu teknik numerik untuk melakukan percobaan yang melibatkan bentuk-bentuk fungsi matematika dan logika tertentu untuk menjelaskan tingkah laku struktur suatu system nyata yang kompleks seperti software Ansys Workbench 14.0 yang dipakai pada percobaan di bawah ini.

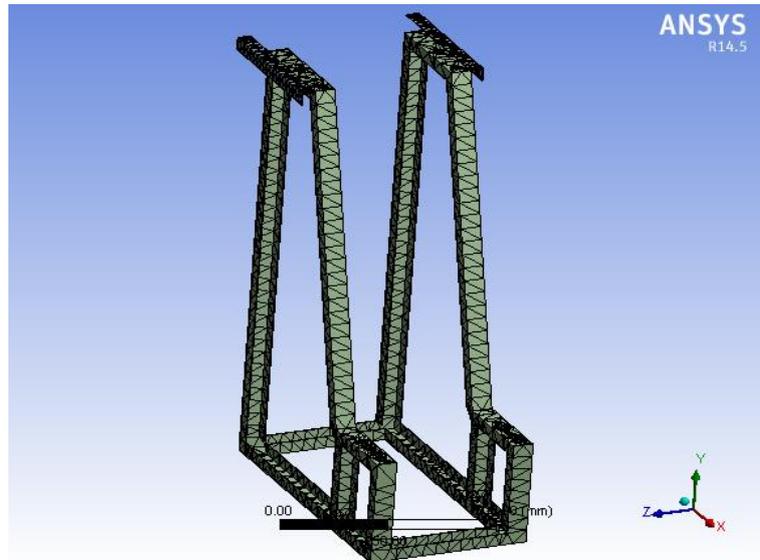
4.2.1 Memulai Simulasi

Didapat beberapa hasil analisa dari simulasi yang telah dijalankan, yaitu : *total deformation, equivalent stress, dan equivalent elastic strain.*

4.2.2. Meshing

Meshing merupakan bagian integral dari simulasi rekayasa dibantu proses komputer. *Meshing* mempengaruhi akurasi, dan kecepatan konvergensi dari

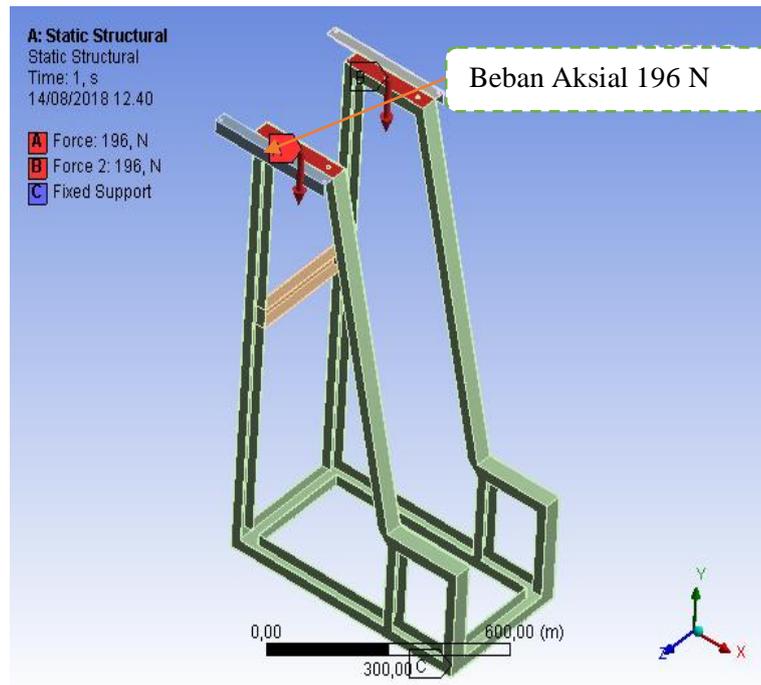
solusi. Pemberian *meshing* pada benda kerja diperlihatkan pada gambar 4.1 dilakukan dengan cara : Klik *Mesh*→*Generate Meshing*



Gambar 4.1 Hasil meshing

Untuk melihat hasil simulasi klik solve

Pada saat memulai simulasi diberi pembebanan aksial sebesar 196 N diperlihatkan dari gambar 4.2 di bawah ini.

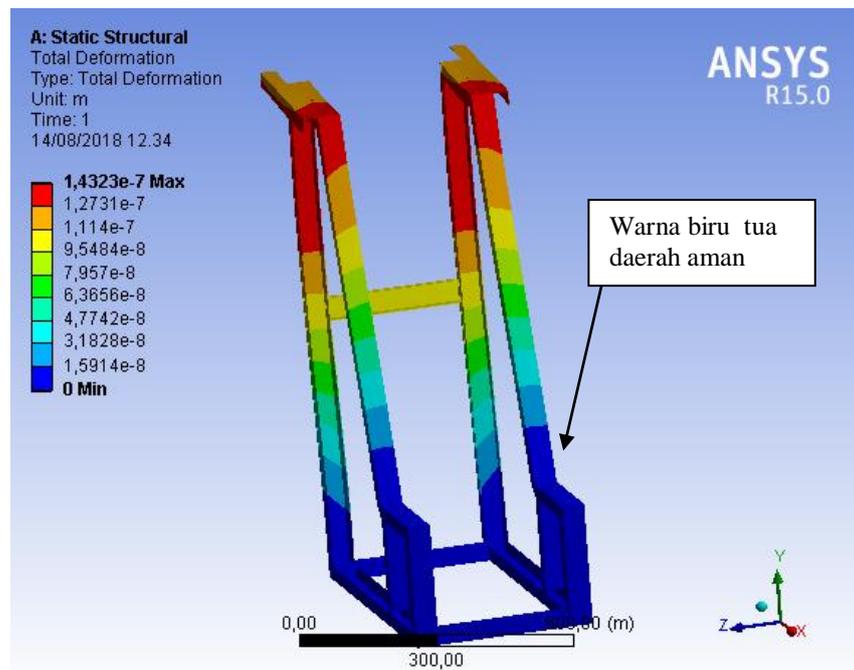


Gambar 4.2 Diberi pembebanan (force)

Gambar di atas memperlihatkan pemberian pembebanan pada rangka yang di tandai dengan bagian rangka atas yang berwarna merah.

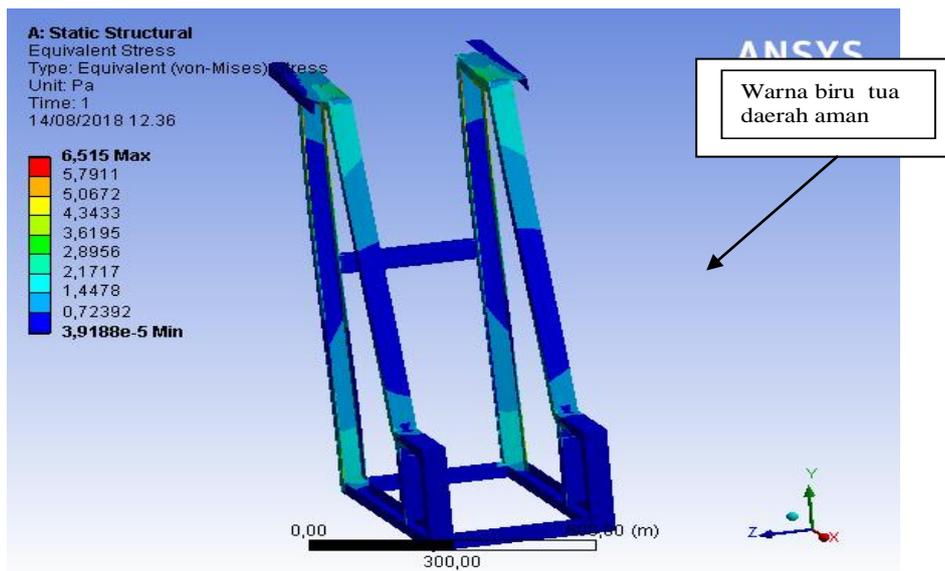
4.2.3 Hasil Simulasi Struktural Steel

1. Hasil simulasi total deformasi memperlihatkan simulasi pembebanan diberi warna merah karna paling terbebani. Yang aman adalah bagian yang warnanya tidak melebihi warna biru muda, total deformation dari rangka, yang mana total deformation ini merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu material atau benda. Jika dilihat dari nilai maksimumnya maka rangka mengalami sedikit perubahan dari segi bentuk, dimensi dan posisinya, rangka bagian atas yang akan mengalami perubahan karena Total deformation maksimum yang diterima oleh rangka bagian atas yang di beri tanda warna merah, daerah kritis ini adalah sebesar $Max 1,4323e-7 mm$ dan nilai Min sebesar 0 mm seperti diperlihatkan pada gambar 4.3 di bawah ini.



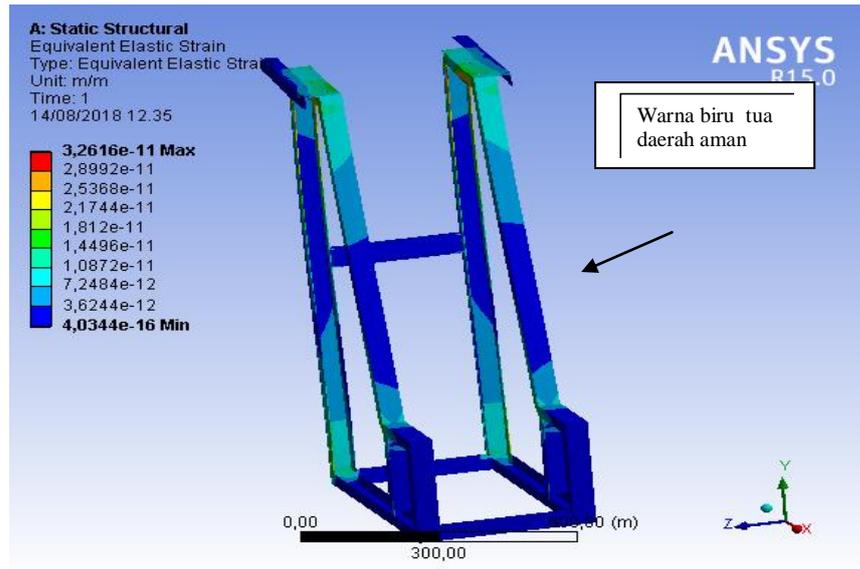
Gambar 4.3 Total deformasi (perubahan bentuk) akibat pembebanan

2. Hasil simulasi equivalent stress penggabungan antara beban elastis ditambah dengan beban. memperlihatkan simulasi pembebanan *Max 6,515 MPa* ditandai dengan warna merah karna daerah tersebut paling terbebani/kritis dan *Min 3,9188e-5 min MPa* sedangkan bagian yang berwarna biru tua daerah yang aman, diperlihatkan pada gambar 4.4 di bawah ini.



Gambar 4.4 Equivalent stress akibat pembebanan

3. Hasil simulasi equivalent strain memperlihatkan simulasi pembebanan *Max 3,2616e-11mm/mm* dan *Min 4,0344e-16 mm/mm* . Susunan warna, warna yang paling merah warnanya adalah daerah paling kritis atau daerah paling terbebani dan hasil simulasi ini didominasi warna biru tua yang artinya daerah aman seperti diperlihatkan pada gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.6 equivalent strain akibat pembebanan

- Bahan yang dipakai adalah baja structural, dengan kekuatan tarik bahan rangka 460 Mpa (σ_B), dan nilai factor ke amanan bahan, 6.0 ($sf1$)

Dik: $\sigma_B = 460 \text{ MPa}$,

$sf1 = 6,0$

Dit: *equivalent stress*:

penyelesaian $460 \div 6.0 \equiv 76,66 \text{ MPa}$

Hasil equivalent stress, bahan rangka yang digunakan dapat kita bandingkan dengan hasil simulasi menggunakan ansys workbench dengan nilai equivalent stress max 6,515 MPa, dan hasil perhitungan di atas sebesar 76,66 MPa, dengan kekuatan tarik bahan baja structural sebesar 460 MPa, dan factor keamanan 6,0 jadi dapat kita simpulkan bahan rangka yang digunakan aman untuk digunakan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa numerik dan simulasi menggunakan perangkat lunak *Ansys workbench 14.0*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan hasil simulasi dari bahan structural steel, sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan simulasi bahan structural steel pembebanan didapatkan nilai hasil :

$$\text{Total deformasi maksimal} = 1,4323e-7 \text{ mm}$$

$$\text{Equivalent stress maksimal} = 6,515 \text{ MPa}$$

$$\text{Equivalent strain maksiamal} = 3,2616e-11 \text{ mm/mm}$$

Hasil di atas merupakan perolehan dari simulasi yang dilakukan pada rangka, dengan diberikan pembebanan sebesar 196 N , maka dengan demikian diketahui lah modulus elastis dan kekuatan pada rangka prototype elevator pada pabrik kelapa sawit.

5.2. Saran

1. Untuk penelitian analisa numerik selanjutnya diharapkan lebih mengembangkan jenis – jenis bahan pada rangka dengan menggunakan material yang lain.
2. Pada pengujian rangka berikutnya diharapkan menggunakan 2 software untuk melihat hasil perbandingan simulasi.
3. Pada pengujian rangka berikutnya diharapkan menggunakan 2 material yang berbeda untuk melihat hasil perbandingan kekuatan rangka dengan simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

Irawan, D. 2017. Perancangan prototype bucket elevator. *Jurnal ilmiah multitek indonesia*. 11(1): 1-5.

Ohen Suhendri, Tamrin dan Budianto Lanya. 2014. Rancang Bangun Bucket Elevator Pengangkat Gabah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 3(1): 17-18.

Badron Purba, M, Polman Sihombing dan Kawan Kawan. 2017. Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit Kebun Rambutan. Tebing Tinggi. PT. Perkebunan Nusantara III.

Sularso, Kiyokatsu S. 1978. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta. Pradnya Paramita.

<http://pustaka-ts.blogspot.com/2010/11/struktur-rangka-batang.html>

Rory ilyas, pengujian alat elevetaor prototype pabrik kelapa sawit.

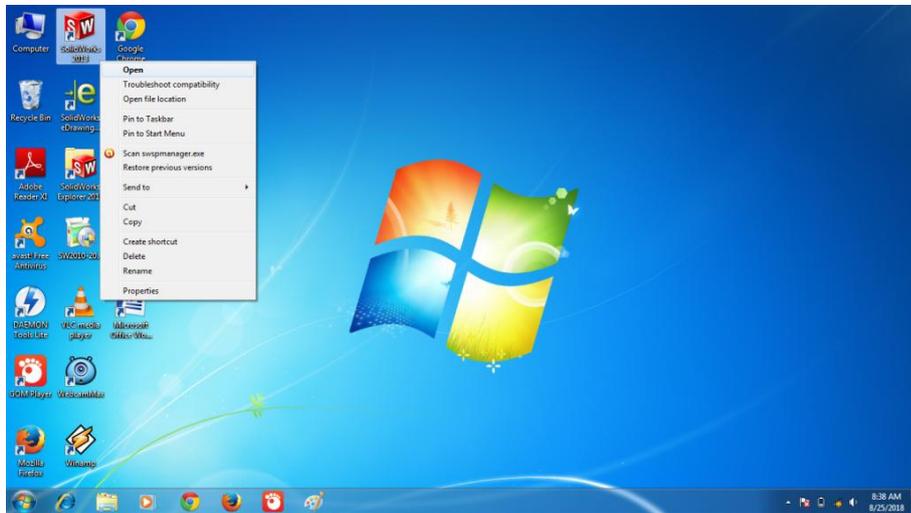
<https://fairuzelsaid.wordpress.com/2010/10/13/metode-numerik-01-pengantar-metode-numerik/>

(Ir. Sudiadi, M.M.A.E. dan Ir.Rizani Teguh, MT, 2015)

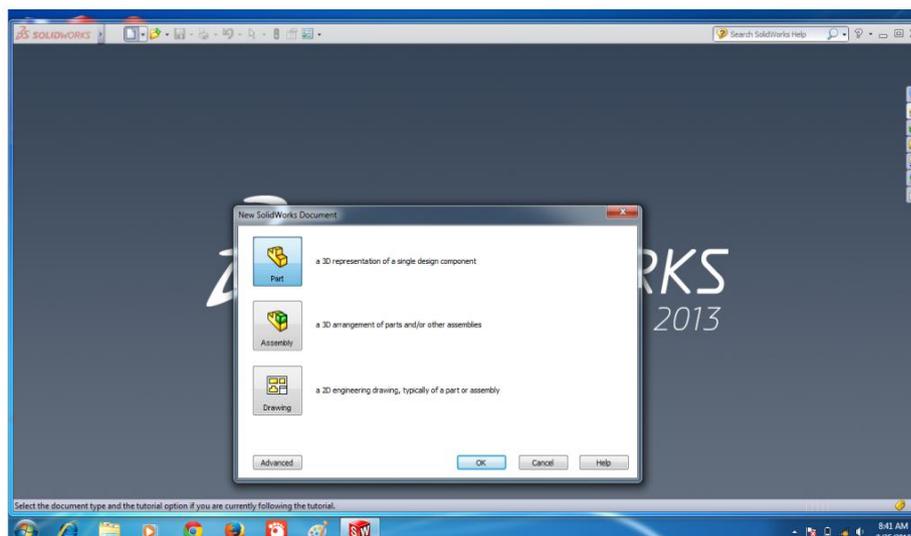
- Langkah Desain Rangka prototype elevator pabrik kelapa sawit menggunakan Solidwork 2013

1. Membuat rangka

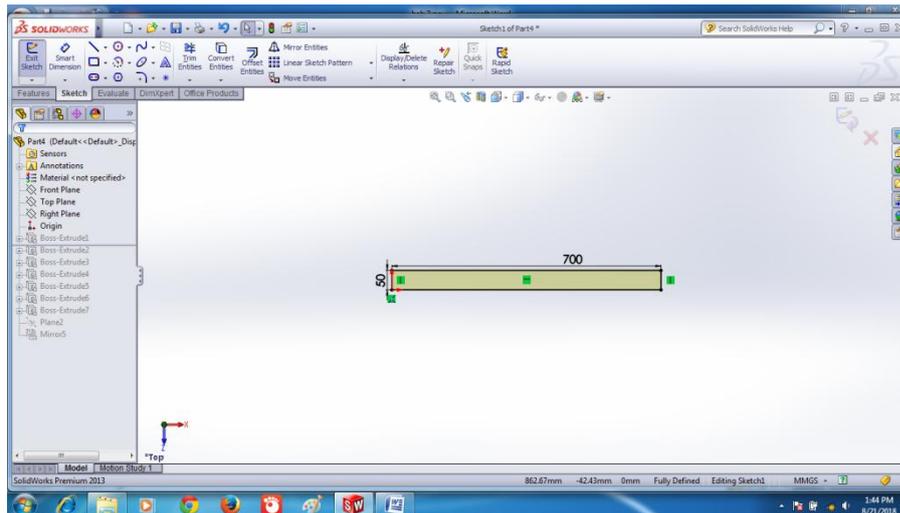
Membuka software solidwork 2013 dengan cara klik kanan lalu pilih open



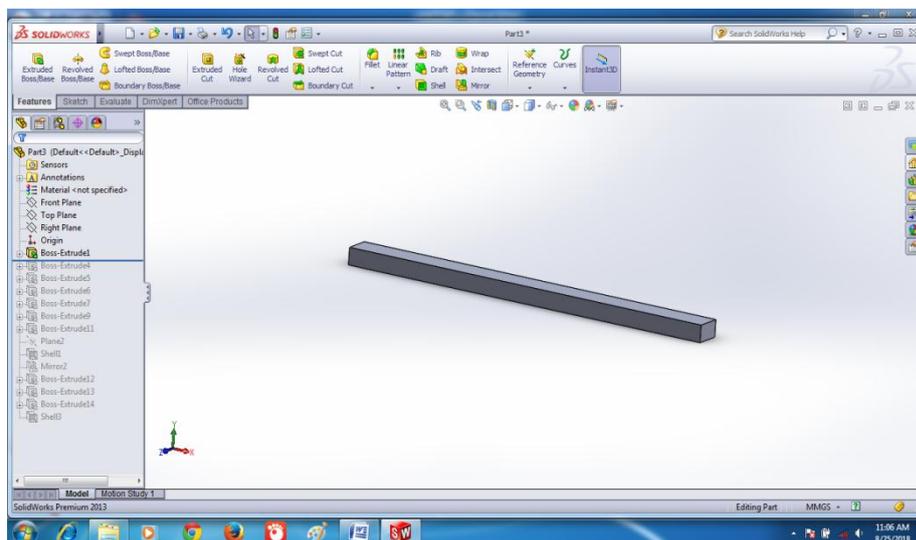
ini
Lalu klik new → pilih part → lalu pilih OK seperti gambar di bawah



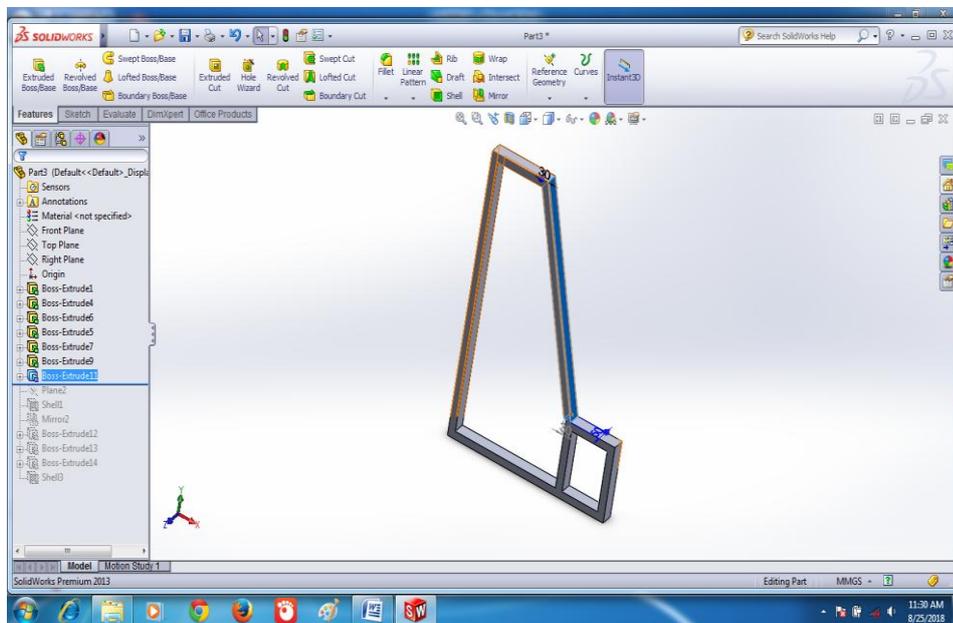
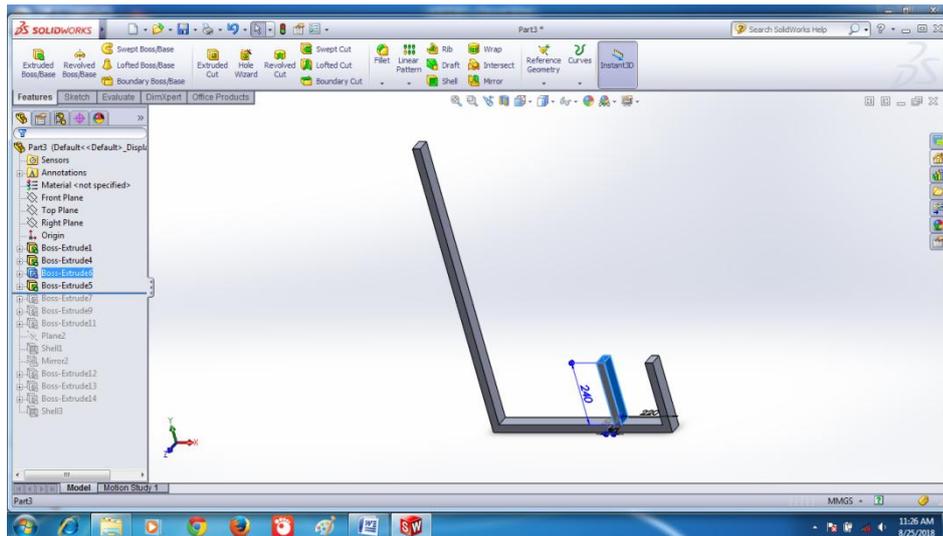
Pilih top plane → sketch → pilih line bentuklah line dan beri dimensi seperti gambar di bawah ini



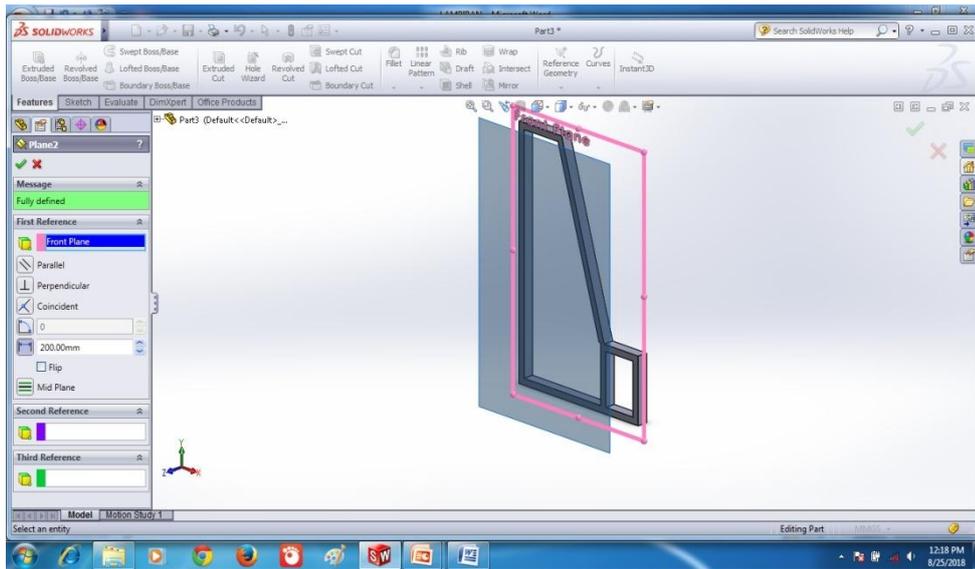
Klik exit sketch pada pojok kanan atas → extrude bose/base dan masukan angka ketebalan extrude sesuai pada desain yang diinginkan → klik centang hijau jika priview hasil extrude telah sesuai dengan yang dibutuhkan, seperti gambar di bawah ini.



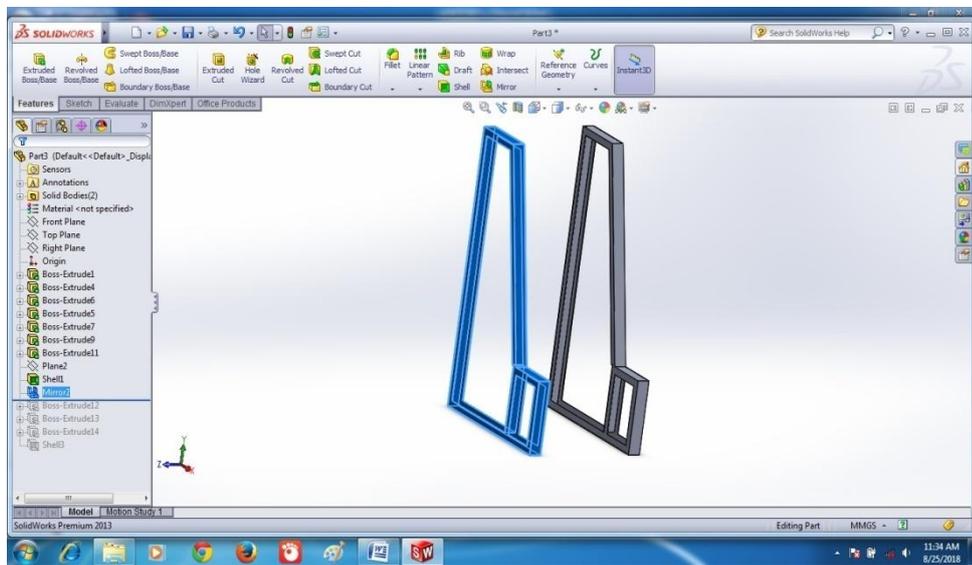
Klik sketch lalu pilih line pada status bar bentuklah pola gambar sesuai pada desain rangka → memasukan ukuran dengan klik menu dimension → klik extrude bose/base dan masukan angka ketebalan sesuai pada desain → klik centang hijau jika priview hasil sesuai pada desain yang dibuat, jadilah bentuk seperti gambar dibawah ini.



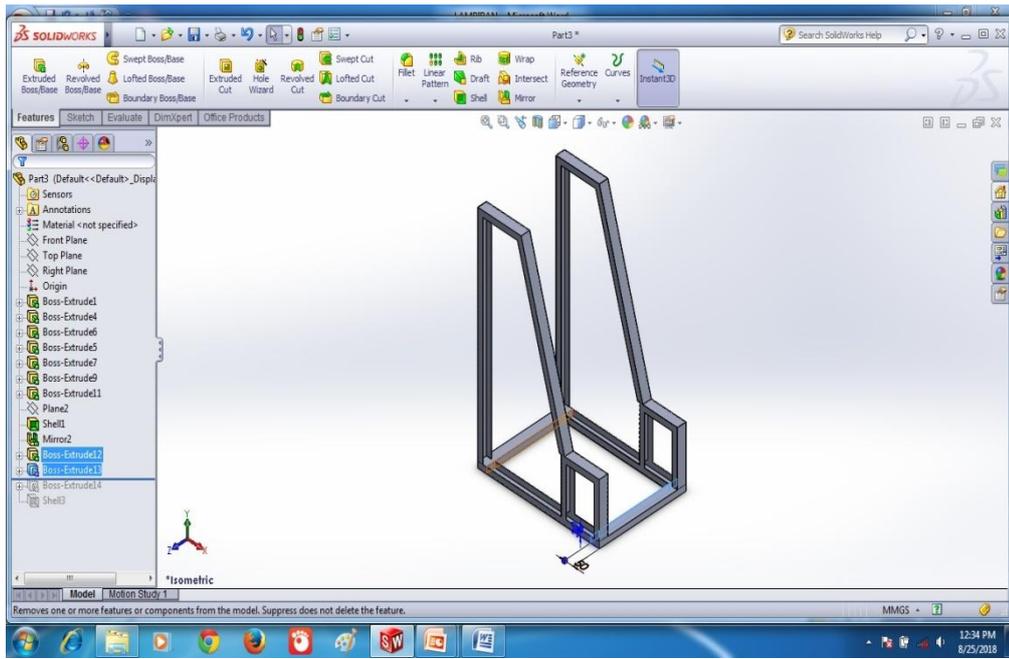
Setelah itu desain rangka dbuat mirror dengan langkah klik front plane → pilih menu refrensi geometri → klik plane, buat ukuran sesuai desain, seperti gambar di bawah ini



klik centang hijau di sudut kanan atas → klik mirror, hasil seperti gambar di bawah ini

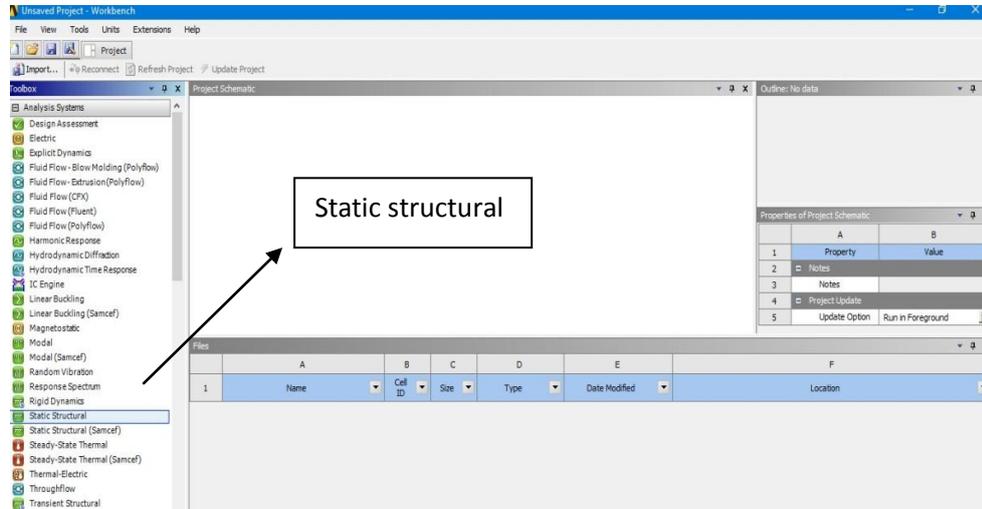


Selanjutnya desain trakhir buat dudukan plat bawah dengan Klik sketch lalu pilih line pada status bar bentuklah pola gambar sesuai desain seperti gambar di bawah ini



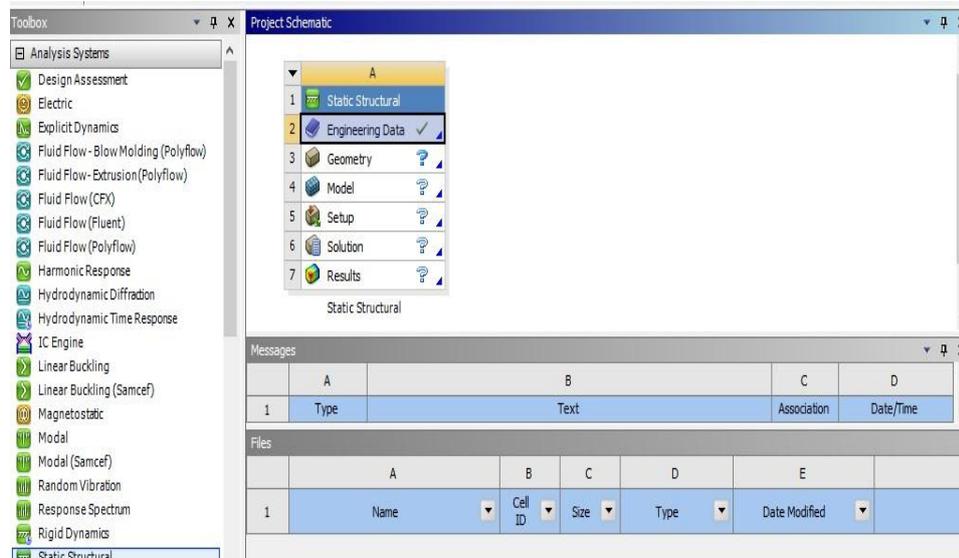
- **Langkah Simulasi Pada Ansys Workbench 14.0**

1. **Klik atatic structural**



2. **Lalu klik engineering data**

Klik Engineering data untuk memilih bahan material klik double klik pada engineering data → engineering data *sources* → geberal material lalu pilih material yang diinginkan → return to project

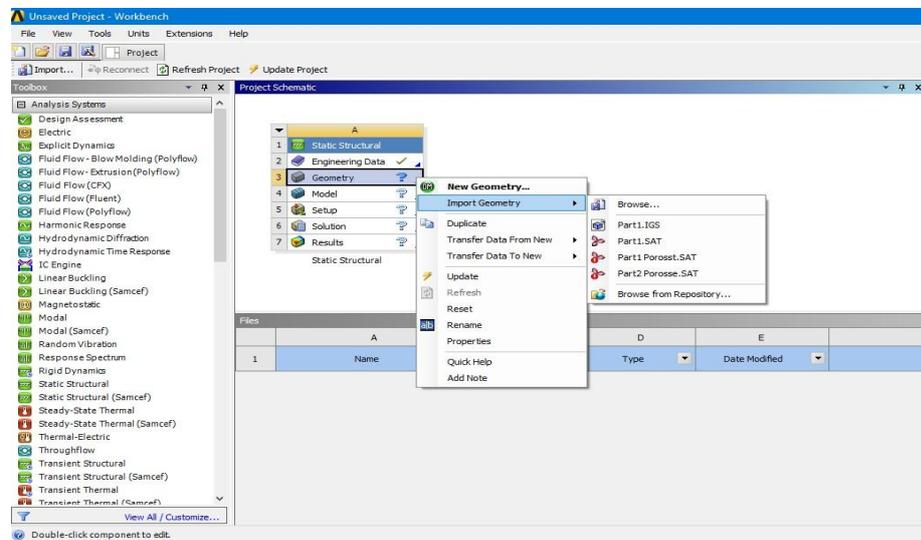


3. Dobel klik geometri

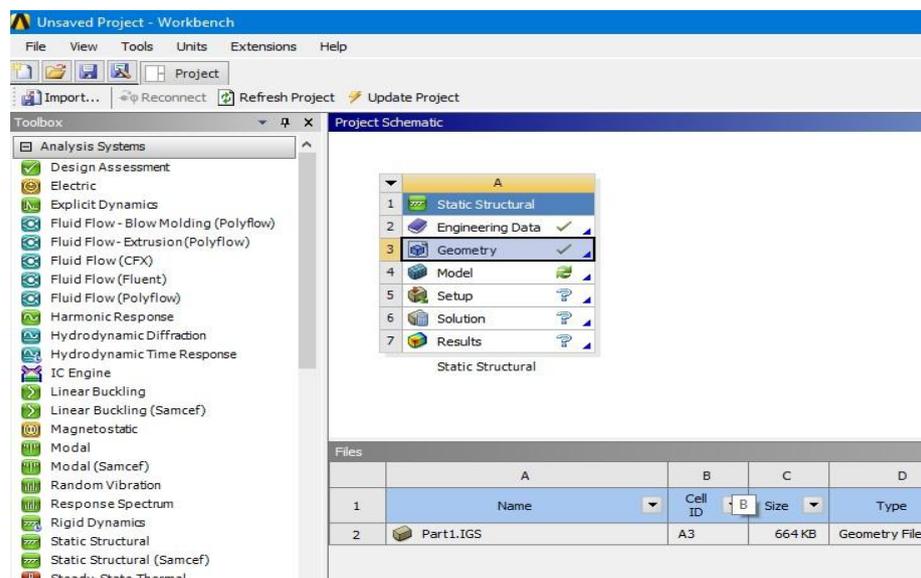
Mengeklik kanan pada *Geometry* → *Import Geometry* → *Browse* →

Pilih *Geometry* yang sudah di desain menggunakan Solidwork 2013.

Seperti yang diberikan pada gambar di bawah ini.

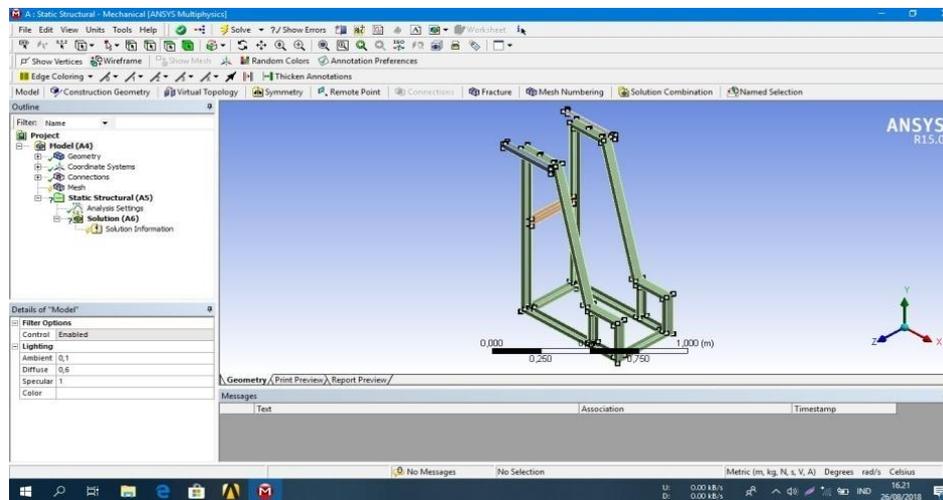


Setelah selesai mengimport geometry, maka pada geometry akan muncul tanda centang (✓) seperti pada gambar dibawah ini.

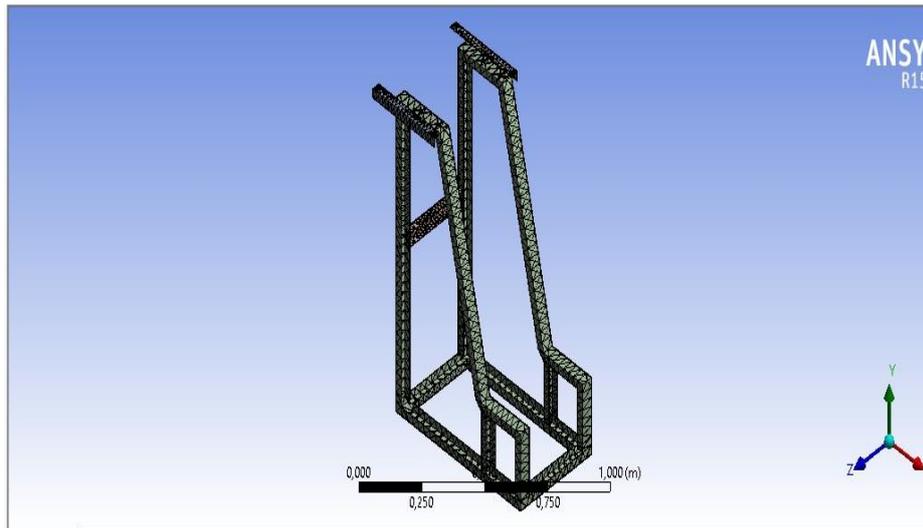


4. Double klik pada model

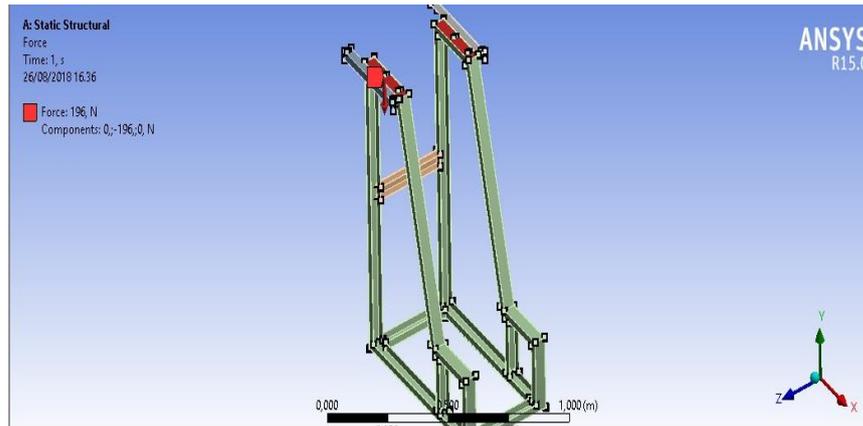
Setelah di klik pada model maka akan keluar seperti gambar di bawah ini pilih bagian dari design fixed support sebagai titik penyangga beban atau gaya desain.



Lalu pilih mesh klik kanan pilih general mesh



Lalu pilih force support sebagai tempat penerima gaya atau beban yang akan di berikan lalu masukan besarnya gaya yang akan diberikan.



Setelah pemberian gaya maka hasil dari simulasi deformasi total static structural dapat disimulasikan.

