

TUGAS AKHIR
ANALISA KEKUATAN RANGKA MINI CRANE PORTABLE
KAPASITAS 1 TON

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

Disusun Oleh :

M. AZHAR SAHRIL DAMANIK
1207230173



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : M. Azhar Sahril Damanik
NPM : 1207230173
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Analisa Kekuatan Rangka Mini Crane Portable Kapasitas 1 ton.
Bidang ilmu : Konstruksi & Manufaktur

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

Medan, Maret 2019

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



Munawar A Siregar, S.T.,M.T

Dosen Peguji II



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

Dosen Penguji III



Muhammad Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



H. Muharnif M, S.T., M.Sc

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : M. Azhar Sahril Damanik
Tempat / Tanggal Lahir : Baja Dolok / 4 November 1994
NPM : 1207230173
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

"Analisa Kekuatan Rangka Mini Crane Portable Kapasitas 1 Ton".

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

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

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

Medan, Maret 2019



Saya yang menyatakan,

M. Azhar Sahril Damanik

ABSTRAK

Peralatan pengangkat dewasa ini sangat beragam baik bentuk model alatnya maupun fungsinya. Proses pemindahan barang kesuatu tempat yang relative sempit masih langsung di angkat dengan manusia, sehingga hanya akan memperlambat proses produksi dan bisa menimbulkan rawan kecelakaan. Maka dari kendala yang ada direncanakanlah alat yang lebih simpel dan sederhana dengan kapasitas yang tidak terlalu besar dengan nama mini *crane portable* dengan kapasitas angkat 1 ton. Rangka alat ini berbahan baja ST 37, rangka alat ini juga akan di analisa gaya yang bekerja pada lengannya, yaitu lengan crane dan lengan *boom teleskopik* dan menganalisa gaya yang terjadi pada titik Ra dan Rb, hasil analisa di titik Ra adalah + 21092,5 N, dan pada titik Rb - 11282,5 N. Alat ini dioperasikan secara manual dan sangat mudah digunakan, alat ini juga dapat dibongkar pasang. Berdasarkan spesifikasi teknis alat ini menggunakan kait yang berukuran 3/4 jenis kait yang menyatu dengan rantai, dilengkapi jepit pengaman dengan beban kerja 1 ton. Untuk menggerakkan lengan (*boom teleskopik*) digunakan dongkrak hidrolik (*Hydraulic Long Ram Jack*) tipe D-51010 dari US Jack, dengan kapasitas angkat 3 ton dan panjang 413.23 mm. Roda untuk menggerakkan alat ini dipilih dari tente.

Kata kunci: Analisa Rangka Mini *Crane Portable* Kapasitas 1 Ton.

ABSTRACT

Today's lifting equipment is very diverse in both the shape of the model and its function. The process of moving goods to a relatively narrow place is still directly lifted by humans, so that it will only slow down the production process and can cause accident-prone. So from the existing constraints planned a more simple and simple tool with a capacity that is not too large by the name of a portable mini crane with a lifting capacity of 1 ton. The framework of this tool is made of ST 37 steel, the frame of this tool will also be analyzed the forces acting on the arm, namely the crane arm and telescopic boom arm and analyze the forces that occur at the Ra and Rb points, the analysis at Ra point is + 21092.5 N , and at point Rb - 11282.5 N. This tool is operated manually and is very easy to use, this tool can also be assembled. Based on the technical specifications, this tool uses a 3 kait-sized hook type that blends with the chain, equipped with safety clasps with a workload of 1 ton. To move the arm (telescopic boom) is used type D-51010 hydraulic jack (Hydraulic Long Ram Jack) from US Jack, with a lifting capacity of 3 tons and a length of 413.23 mm. The wheel to move this tool is selected from tente.

Keywords: Analysis of Portable Mini Crane Frame Capacity of 1 Ton.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Kekuatan Rangka Mini *Crane Portable* Kapasitas 1 Ton” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Tekni Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Muhammad Yani, S.T, M.T , selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak H. Muharnif, S.T, M,Sc, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar A Siregar, S.T, M.T, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Chandra A Siregar, S.T, M.T, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.

7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat - sahabat penulis dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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

Medan, Mei 2019

Penulis



M. Azhar Sahril Damanik

1207230173

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.4.1. Tujuan Umum	3
1.4.2. Tujuan Khusus	3
1.5. Manfaat	
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Crane	4
2.1.1. Jenis - jenis Utama <i>Crane</i>	4
2.1.2. Cara Kerja <i>Crane</i>	12
2.1.3. Fungsi <i>Crane</i> Sebagai Alat Pengangkut Material	12
2.2. Mesin Pemindah Bahan	12
2.2.1. Jenis – jenis Mesin Pemindah Bahan	13
2.3. Klasifikasi Beban	13
2.3.1. Analisa Beban	14
2.4. Konstruksi Rangka Batang	15
2.4.1. Pengertian Rangka Batang	16
2.4.2. Metode Analisis Rangka Batang	17
2.4.3. Analisa Kekuatan Rangka	17
2.5. Pengertian Kesetimbangan	18
2.5.1. Keseimbangan Potongan	18
2.5.2. Syarat – syarat Kesetimbangan	18
2.5.3. Pengertian Benda Tegar	19
2.5.4. Teori Kesetimbangan Benda Tegar	19
2.6. Pengertian Gaya	21
2.6.1. Defenisi Gaya	22
2.6.2. Hukum – hukum Gaya	23
2.6.3. Gaya Batang	24
2.6.4. Penentuan Gaya Batang	24
2.6.5. Gaya – gaya Bekerja Pada Batang Lurus	25
BAB 3 METODE PENELITIAN	26
3.1. Tempat Dan Waktu	26

3.1.1. Tempat	26
3.1.2. Waktu	26
3.2. Bahan Dan Alat	27
3.2.1. Bahan	27
3.2.2. Alat	27
3.3. Metode Pengumpulan Data	29
3.3.1. Metode Pengolahan Data	29
3.4. Mini <i>Crane Portable</i> Kapasitas 1 Ton	29
3.4.1 Komponen – komponen Mini <i>Crane Portable</i>	30
3.4.2 Spesifikasi Dan Penjelasa Mini <i>Crane Portable</i>	35
3.5. Tahap Analisa	36
3.6. Diagram Alir Penelitian	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Penelitian	38
4.2. Pembahasan	38
4.2.1. Data Kekuatan Bahan Rangka	38
4.2.2. Analisa Gaya Pada <i>Lengan Crane</i> Dan <i>Lengan Boom</i>	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Uraian Kejiata	26
Tabel 4.1 Kekuatan Bahan Rangka Baja St 37	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jenis – jenis <i>Crane</i>	4
Gambar 2.2 <i>Crane</i> Stasioner Yang Dapat Diputar	5
Gambar 2.3 <i>Crane</i> Yang Bergerak Pada Rel	6
Gambar 2.4 <i>Crane</i> Tanpa Lintasan	6
Gambar 2.5 <i>Crane</i> Yang Dipasang Pada Traktor Atau Lokomotif	7
Gambar 2.6 <i>Crane</i> Jembatan	8
Gambar 2.7 Dongkrak Secara Elektrik	8
Gambar 2.8 Dongkrak Rak Dan Ikatan	9
Gambar 2.9 Troli Pengangkat Dengan <i>Warm</i>	9
Gambar 2.10 <i>Crane</i> Berjalan <i>Overhead</i> Dengan Ginder Ganda	10
Gambar 2.11 <i>Crane</i> Berjalan <i>Overhead</i> Pada Ginder Tunggal	10
Gambar 2.12 <i>Crane</i> Di Pasang Pada Traktor	11
Gambar 2.13 <i>Crane</i> Di Pasang Pada Truk	11
Gambar 2.14 Kesetimbangan Stabil	20
Gambar 2.15 Kesetimbangan Labil	21
Gambar 3.1 Lengan <i>Crane</i> Dan Lengan <i>Boom Teleskopik</i>	27
Gambar 3.2 Mini <i>Crane Portable</i> Kapasitas 1 Ton	27
Gambar 3.3 <i>Bottle Jack</i> (Dongkrak Botol)	28
Gambar 3.4 Kait (<i>Crane Hook</i>) Dan Rantai	28
Gambar 3.5 Besi Berbentuk Kotak	29
Gambar 3.6 Pondasi Bawah Mini <i>Crane</i>	30
Gambar 3.7 Tiang Utama / Dudukan Dongkrak	31
Gambar 3.8 Lengan <i>Crane</i> Dan Lengan <i>Boom Teleskopik</i>	31
Gambar 3.9 Kait (<i>Crane Hook</i>)	32
Gambar 3.10 <i>Bottle Jack</i> (Dongkrak Botol)	32
Gambar 3.11 Roda <i>Crane</i>	33
Gambar 3.12 Pan, Baut Dan Mur	34
Gambar 3.13 Tali Pengikat Barang	34
Gambar 3.14 Diagram Alir Penelitian	37
Gambar 4.1 Mini <i>Crane</i> Ketika Mengangkat Beban	38
Gambar 4.2 Sketsa Arah Gaya Pada Lengan <i>Crane</i> Dan Lengan <i>Boom</i>	40
Gambar 4.3 Diagram Gaya Pada Lengan <i>Crane</i> Dan Lengan <i>Boom</i>	41

DAFTAR NOTASI

A	= Luas
A'	= Luas Parsial Penampang Balok
m	= Massa
b	= Dada, Lebar
c	= Jarak Dari Sumbu Netral Ke Serat Terjauh
D, d	= Garis Tengah
E	= Modulus Elastisitas Tarik Atau Tekan
e	= Eksentrisitas, Bilangan Dasar Logaritma
f	= Frekuensi
f_c	= Tegangan Tekan Satuan Pada Beton
f_s	= Tegangan Tarik Pada Baja Bertulang
τ_i	= Tegangan Geser
σ_u	= Tegangan Ultimate
G	= Modulus Kekuatan (Yaitu Modulus Elastis Geser)
g	= Percepatan Gravitasi ($9,81 \text{ m/dt}^2$)
h	= Tinggi, Dalam Balok
I	= Momen Inersia Luas
I_{NA}	= Momen Inersia Terhadap Sumbu Netral
W	= Berat Total Atau Beban

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi sekarang telah banyak menghasilkan kreasi yang bertujuan untuk memudahkan pekerjaan manusia, serta dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Terutama untuk bagian konstruksi dan industri yang dikenal suatu alat yang dinamakan dengan *crane*. *Crane* sangat dibutuhkan untuk mengangkat serta memindahkan suatu barang dari satu tempat ke tempat lainnya. *Crane* adalah gabungan mekanisme pengangkat secara terpisah dengan rangka untuk mengangkat sekaligus memindahkan muatan yang dapat digantungkan secara bebas atau diikatkan pada *crane*.

Crane konstruksi pertama kali diciptakan oleh orang Yunani kuno dan didukung dengan bantuan tenaga manusia atau hewan. *Crane* digunakan umumnya pada pembangunan gedung-gedung tinggi. *Crane* kemudian berkembang, pada abad pertengahan *crane* diperkenalkan untuk bongkar muat kapal dan untuk membantu konstruksi, seperti membangun menara batu dan lainnya.

Crane pertama dibangun dari kayu, kemudian berkembang dan di buat dari besi dan baja pada masa revolusi industri. Selama berabad - abad pergerakan *crane* dengan bantuan kekuatan manusia dan hewan digunakan untuk mengangkat beban dan memindahkan beban. Kekuatan mesin pertama kali dikenalkan pada abad 18 atau 19 dengan daya yang disediakan mesin uap. Untuk *crane* modern menggunakan daya listrik dan sistem hidrolis untuk memberikan kemampuan mengangkat jauh lebih besar.

Crane digunakan untuk mengangkat muatan secara *vertikal*, menahannya apabila diperlukan, dan menurunkan muatan ke tempat lain yang ditentukan dengan mekanisme pendongkrak (*luffing*), pemutar (*slewing*) dan pejalan (*travelling*).

Dalam pelaksanaan tugas akhir kali ini, yaitu mini *crane portable* kapasitas 1 ton, *crane* ini akan digunakan sebagai alat bantu untuk pemindahan material atau bahan - bahan secara *vertikal* maupun *horisontal* yang kapasitas bebannya maksimal 1 ton. *Crane* yang ada di pasaran atau di pabrik tidak dapat

bergerak secara bebas atau dengan jarak yang jauh dan ke segala arah. Namun pada mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini berbeda, mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini sangat mudah dioperasikan, karena bentuk alatnya yang simple dan desainnya yang sederhana, ringkas, dan bisa di bongkar pasang (*knock down*), sehingga para penggunanya pun dapat dengan mudah memahami cara pengoperasiannya, penggunaannya pun bisa digunakan pada tempat – tempat umum, seperti proyek – proyek pembangunan gedung, atau bengkel – bengkel mobil dan lain sebagainya.

Crane ini juga akan di uji bagian rangkanya untuk mengetahui kekuatan rangka dari pada mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini, dengan cara menganalisa lengan pengangkat dan lengan *boom teleskopik* agar mengetahui apakah ada kendala atau tidak, dalam upaya mengangkat beban yang telah di tentukan yaitu maksimal beban 1 ton.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam melakukan analisa kekuatan rangka mini *crane portabel* yang berinstrumen untuk penggunaan pemindahan bahan yang berkapasitas 1 ton dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menganalisa gaya yang terjadi pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* mini *crane portable* yang berkapasitas 1 ton.
2. Bagaimana menganalisa besar gaya yang terjadi pada titik Ra dan Rb pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* mini *crane portable* kapasitas 1 ton.

1.3. Batasan Masalah

Agar tidak mengalami perluasan pembahasan, diberikan batasan - batasan masalah sebagai berikut:

1. Menganalisa gaya yang terjadi pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* mini *crane portable* yang berkapasitas 1 ton.
2. Menganalisa besar gaya yang terjadi pada titik Ra dan Rb pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* mini *crane portable* kapasitas 1 ton.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan yang dilakukan dari analisa kekuatan rangka mini *crane portable* yang kapasitas 1 ton ini adalah :

1.4.1. Tujuan Umum

Tujuan umumnya adalah untuk mengetahui gaya yang terjadi pada lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik* mini crane portable kapasitas 1 ton setelah diberi beban sebesar 1 ton.

1.4.2. Tujuan Khusus

Tujuan khususnya adalah untuk mengetahui besar gaya yang terjadi pada titik Ra dan Rb pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* setelah di beri beban sebesar 1 ton.

1.5. Manfaat

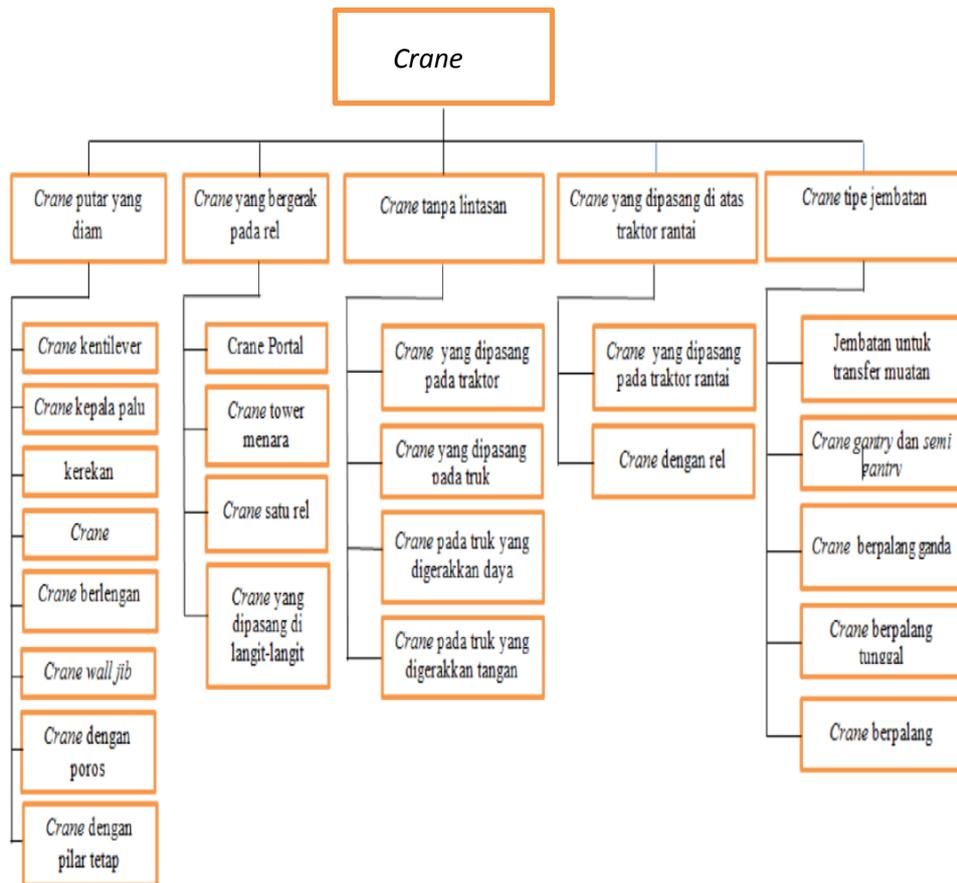
Adapun manfaat dari analisa kekuatan rangka mini *crane portable* yang berkapasitas 1 ton ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui gaya yang terjadi pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* mini crane portable yang berkapasitas 1 ton.
2. Mengetahui besar gaya yang terjadi pada titik Ra dan Rb pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* mini crane portable kapasitas 1 ton.
3. Sebagai bahan masukan untuk pengembangan selanjutnya tentang analisa kekuatan rangka mini *crane portable* yang berkapasitas 1 ton khususnya untuk mahasiswa teknik mesin.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Crane

Crane adalah alat yang digunakan untuk mengangkat dan memindahkan muatan dari satu tempat ketempat lain dengan menggunakan metode katrol dan kait (*hook*) sebagai pengaitnya. *Crane* sendiri banyak digunakan seperti pada bongkar muatan kapal - kapal di pelabuhan dan lainnya. *Crane* dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis yaitu *crane* putar yang diam, *crane* yang bergerak pada rel, *crane* tanpa lintasan, *crane* yang dipasang pada lokomotif atau traktor rantai dan *crane* jembatan. Jenis-jenis *crane* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Jenis - jenis *crane*.

2.1.1. Jenis - jenis Utama Crane

1. *Crane* stasioner yang dapat diputar

Crane stasioner yang dapat diputar atau *crane* putar yang diam ditempat umumnya merupakan *crane* yang tetap dengan tiang miring yang dapat berputar

pada sumbu vertikal. *Crane* jenis ini yang sekarang sangat populer adalah tower *crane*. Di dalam proyek konstruksi bangunan bertingkat, tower *crane* sangat cocok dipakai untuk pelayanan bangunan bertingkat (*high rise building*) untuk melayani daerah konstruksi sesuai luas lahan. Tower *crane* menjadi sentral atau alat yang paling utama karena dalam proyek gedung bertingkat, tower *crane* digunakan untuk mengangkat muatan secara *horisontal* maupun *vertikal*, menahannya apabila diperlukan, dan menurunkan muatan ke tempat lain yang ditentukan dengan mekanisme pendongkrak (*luffing*), pemutar (*slewing*), dan pejalan (*travelling*).



Gambar 2.2. *Crane stasioner* yang dapat di putar.

2. *Crane* yang bergerak pada rel

Crane yang bergerak pada rel umumnya terdiri dari *crane kantilever* dan *monorel* (baik yang berupa dapat diputar maupun tidak) yang bergerak lurus pada suatu jalur khusus.



Gambar 2.3. *Crane* yang bergerak pada rel.

3. *Crane* Tanpa Lintasan

Crane tanpa lintasan terdiri dari atas *crane* tiang yang dipasang diatas truk, mobil atau traktor agar dapat bergerak pada jalan berkapur, berbatu, dan beraspal.



Gambar 2.4. *Crane* tanpa lintasan.

4. *Crane* yang dipasang pada traktor rantai atau lokomotif

Crane yang dipasang pada lokomotif atau traktor atau kendaraan beroda belakang, termasuk pula *crane* tiang yang lebih kuat yang bergerak pada jalur rel, jalan tanah dan didalam daerah gudang.



Gambar 2.5. *Crane* yang di pasang pada traktor atau lokomotip.

5. *Crane* Jembatan

Crane jembatan terdiri dari *crane* yang berjalan pada jembatan rangka dan yang bergerak pada jalur rel yang dibentang pada permukaan tanah. Untuk rel yang dibentang di permukaan tanah, jembatannya dilengkapi dengan kaki pendukung yang tinggi, yang dipasang pada kedua sisi jembatan (*gantri* dan jembatan pemindah muatan) atau hanya pada satu sisi jembatan (*semi gantry*).

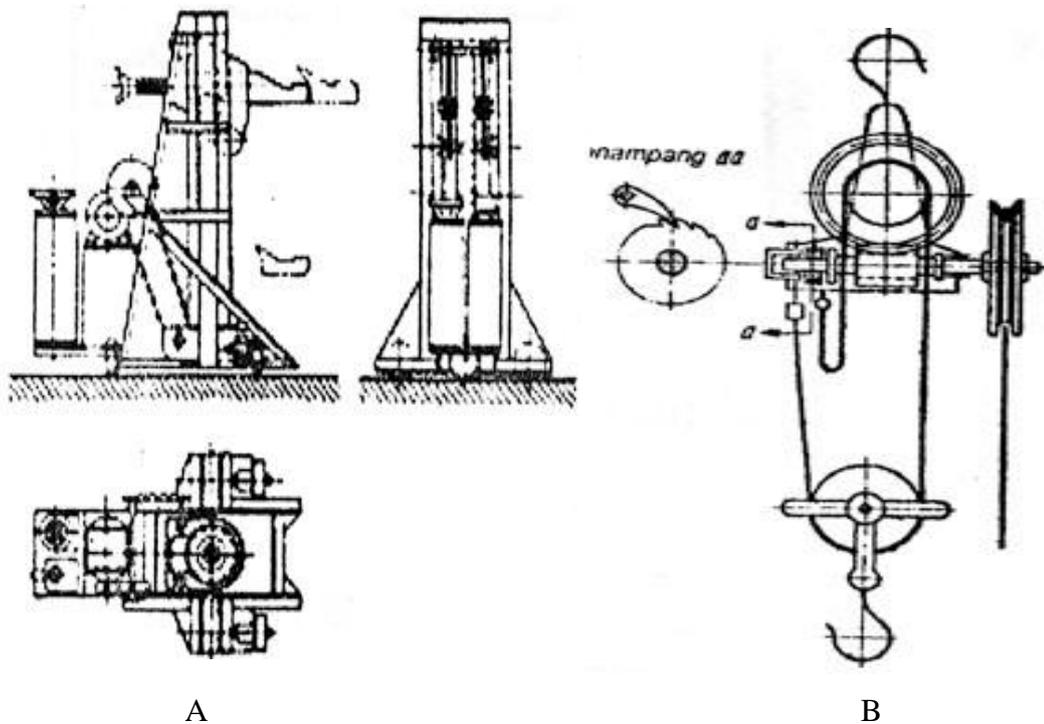
Crane tipe jembatan dikelompokkan menjadi beberapa jenis, yaitu:

- a. *Crane* berpalang
- b. *Crane* berpalang tunggal untuk gerakan *overhead*.
- c. *Crane* berpalang ganda untuk gerakan *overhead*.
- d. *Gantry crane* dan *semi gantry*.



Gambar 2.6. *Crane* jembatan.

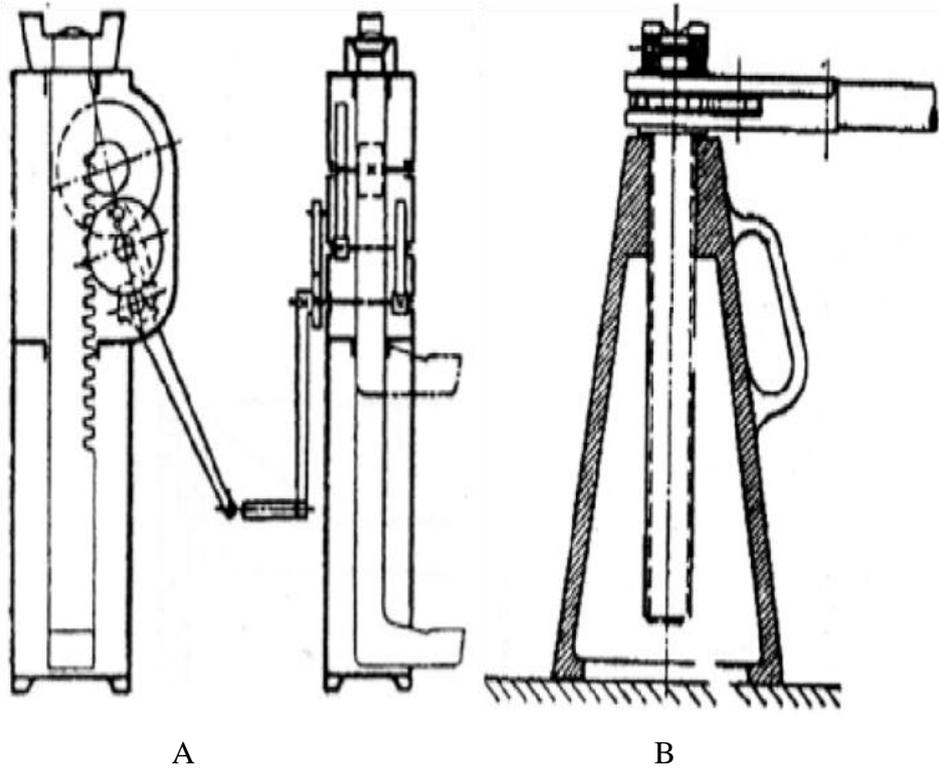
Adapun jenis-jenis dan type dari alat pengangkat, mesin pemindah bahan, pesawat pengangkat dan macam - macam *crane* ditunjukkan pada gambar berikut :



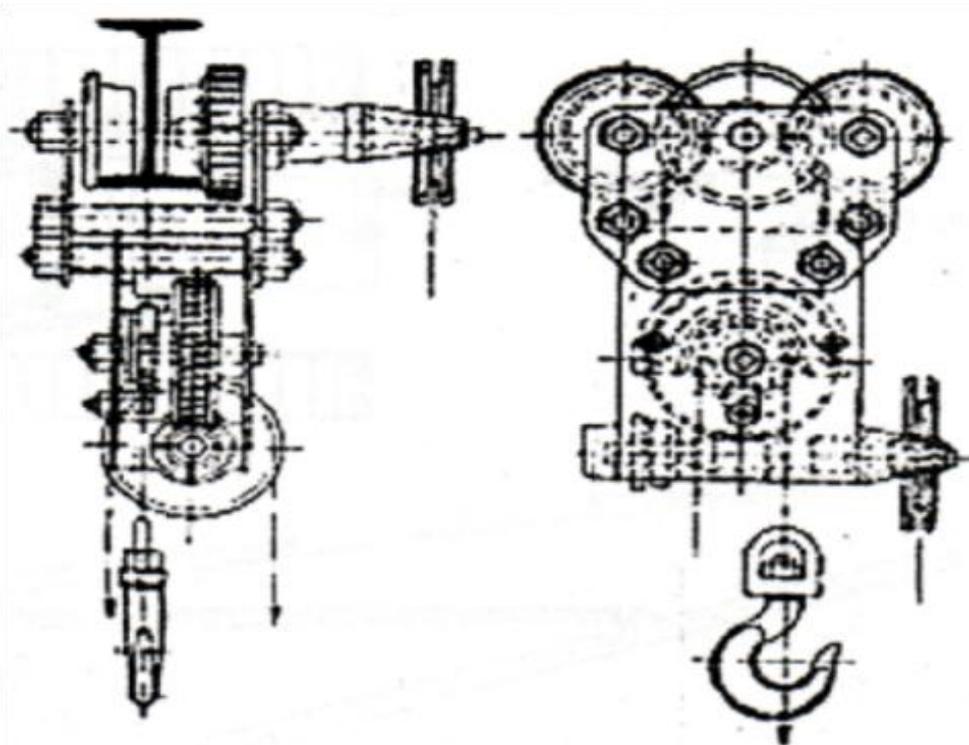
A

B

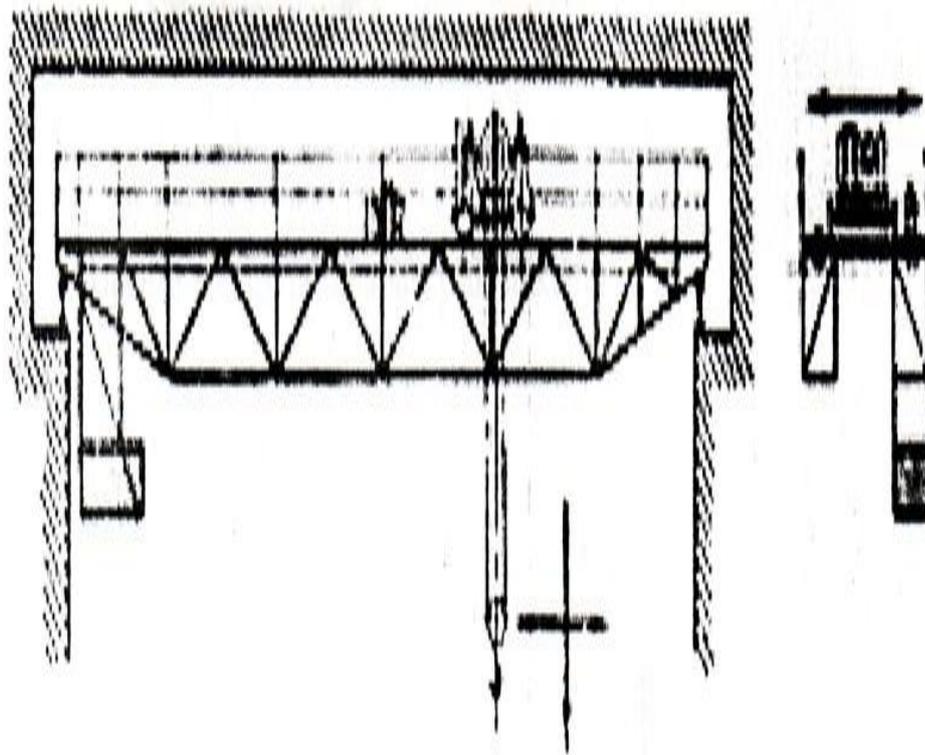
Gambar 2.7. A dongkrak secara elektrik dan B alat pengangkat tetap berwarm gear.



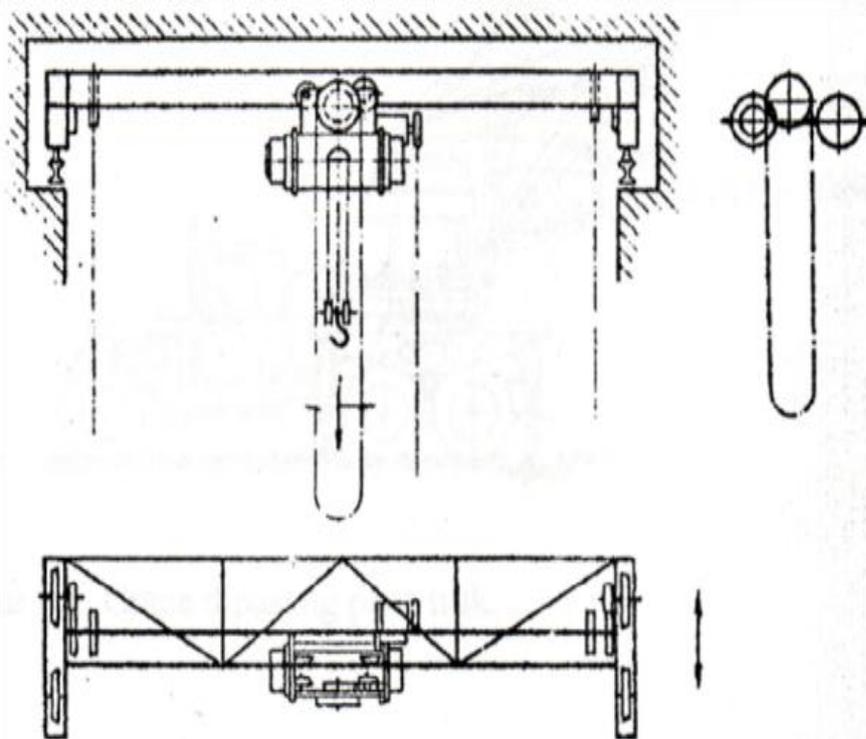
Gambar 2.8. A dongkrak rak dan ikatan dan B dongkrak ulir.



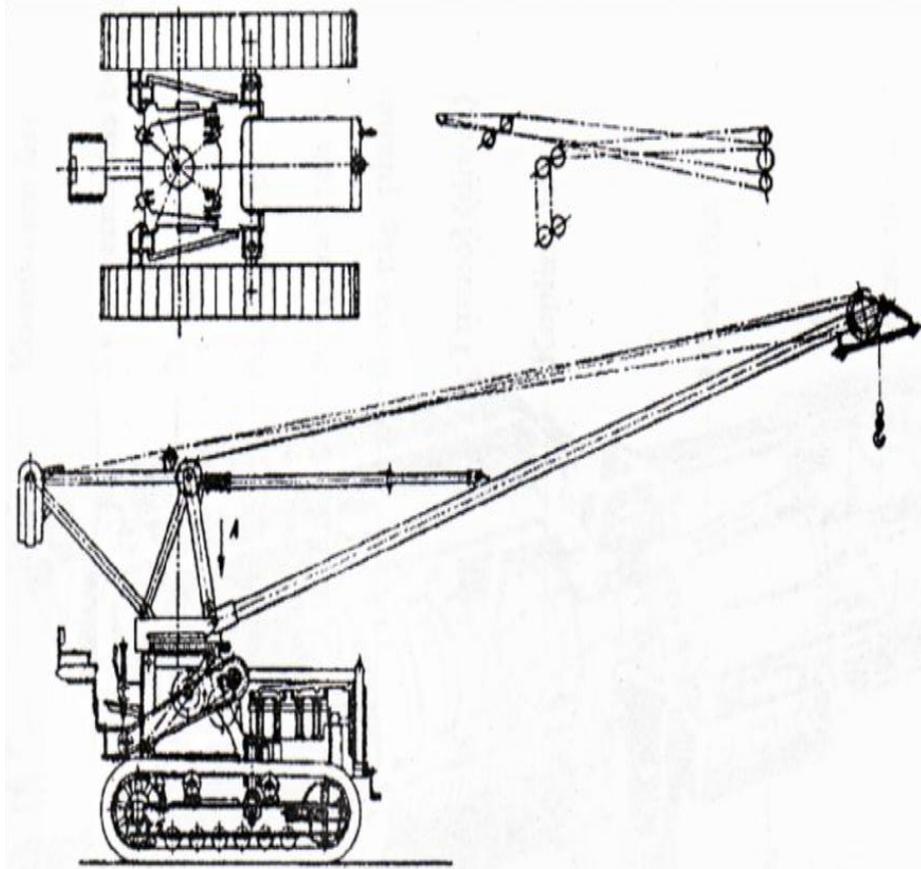
Gambar 2.9. Troli pengangkat dengan worm.



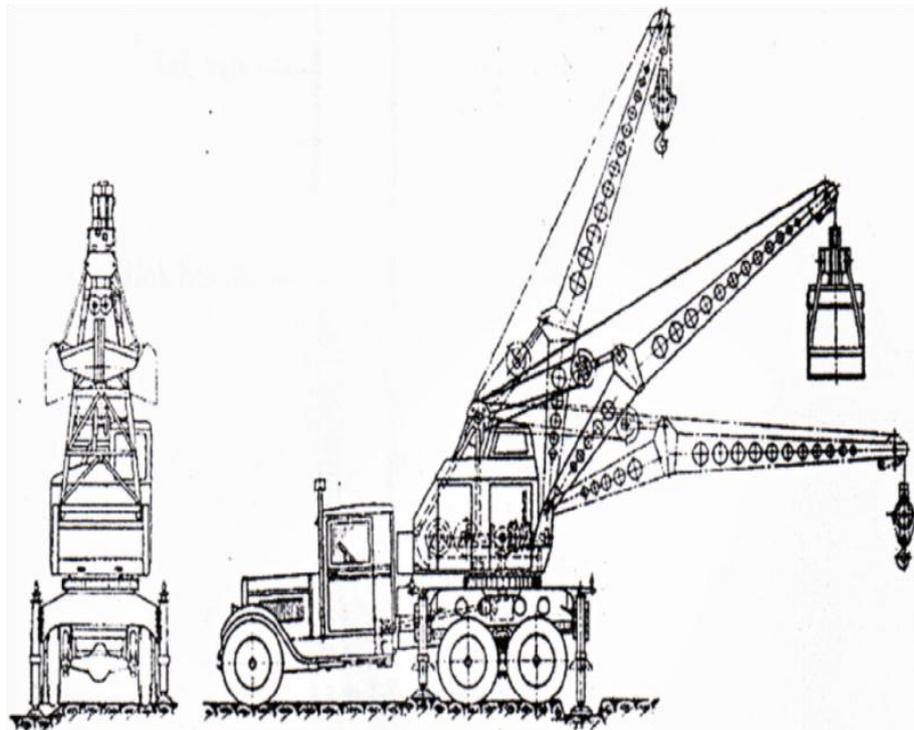
Gambar 2.10. Crane berjalan *overhead* dengan girder gand



Gambar 2.11. Crane berjalan *overhead* pada girder tunggal



Gambar 2.12. Crane dipasang pada traktor.



Gambar 2.13. Crane dipasang pada truk.

2.1.2. Cara Kerja *Crane*

Cara kerja *crane* adalah dengan mengangkat material yang akan di pindahkan, memindahkan secara *horizontal*, kemudian menurunkan material ke tempat yang di inginkan.

2.1.3. Fungsi *Crane* Sebagai Alat Pengangkut Material

Crane termasuk di dalam kategori alat pengangkut material secara *vertikal* dan kemudian memindahkannya secara *horizontal* pada jarak jangkauan yang relatif kecil. Untuk pengangkutan material lepas (*loose material*) dengan jarak tempuh yang relatif jauh, alat yang di gunakan dapat berupa *belt*, *truck* dan *wagon*. Alat – alat ini memerlukan alat lain yang membantu memuat material ke dalamnya.

2.2. Mesin Pemindah Bahan

Mesin pemindah bahan (*material handling equipment*) adalah peralatan yang digunakan untuk memindahkan muatan yang berat dari satu tempat ketempat lain dalam jarak yang tidak jauh, misalnya pada bagian – bagian atau departemen pabrik, pada tempat – tempat penumpukan bahan, lokasi konstruksi, tempat penyimpanan dan pembongkaran muatan dan sebagainya. Mesin pemindah bahan hanya memindahkan muatan dalam jumlah dan besar tertentu serta jarak tertentu dengan perpindahan bahan kearah *vertikal*, *horizontal*, dan atau kombinasi keduanya.

Mesin pemindah bahan menurut gerakannya terbagi 2 yaitu:

- a) Gerak Lurus (*vertical* dan *horizontal*).
- b) Gerak Melingkar (berputar).

Berbeda dengan alat transportasi yang memindahkan muatan (bisa berupa barang dan atau manusia) dengan jarak yang cukup jauh, mesin pemindah bahan umumnya hanya digunakan untuk memindahkan muatan berupa bahan hanya pada jarak tertentu. Untuk operasi muat dan bongkar muatan tertentu, mekanisme mesin pemindah bahan dilengkapi dengan alat pemegang khusus yang di operasikan mesin bantu atau secara manual.

Mesin pemindah bahan mendistribusikan muatan ke seluruh lokasi, memindahkan bahan di antara unit proses yang terlibat dalam produksi, membawa produk jadi (*finished product*) ke tempat produk tersebut akan di muat, dan

memindahkan limbah produksi (*production waste*) dari lokasi produksi (*production site*) ke *loading area*.

2.2.1. Jenis – jenis Mesin Pemindah Bahan

Mesin pemindah bahan (*materials handling equipment*) dapat di bagi dalam 3 kelompok :

1. Peralatan pengangkat (*lifting deviceequipment*), yaitu peralatan yang di tujuan untuk memindahkan muatan satuan dalam satu *batch*, misal :
 - a. Mesin pengangkat, misal kerek, dongkrak.
 - b. *Crane*, misal *mobile crane*, *tower crane*.
 - c. *Elevator*.
2. Peralatan pengangkut (*konveyor*), yaitun peralatan yang di tujuan untuk memindahkan muatan curah (banyak partikel atau homogen) maupun muatan satuan secara kontinu, seperti *crew conveyor*, *belt conveyor*, *pneumatic conveyor*, *vibratory conveyor*, dan sebagainya.
3. Peralatan permukaan dan *overhead*, yaitu peralatan yang ditujukan untuk memindahkan muatan curah dan satuan, baik *batch* maupun kontinu, seperti *scrapper*, eskapator, *bulldozer*, dan lain-lain.

Setiap kelompok mesin pemindah bahan di bedakan oleh sejumlah ciri khas dan bidang penggunaan yang khusus. Perbedaan dalam desain kelompok ini juga di tentukan oleh keadaan muatan yang akan di tangani, arah gerak kerja, dan keadaan proses penanganannya. Muatan yang ditangani dibedakan menjadi muatan curah (*bulk load*) dan muatan satuan (*unit load*). Bahan yang ditangani dalam bentuk muatan curah terdiri atas banyak partikel atau gumpalan yang homogen, seperti batu bara, biji besi, semen, pasir, tanah, dan lain-lain, yang dapat berbeda dalam bobot dan bentuknya.

2.3. Klasifikasi beban

Gaya-gaya luar atau gaya - gaya yang berkerja pada struktur suatu pesawat pengangkat dapat di klasifikasikan sebagai gaya kontak atau permukaan (*surface forces*), misalnya tarikan atau dorongan dan gaya tidak kontak atau *body forces*, missal tarikan gravitasi bumi pada semua benda. Gaya permukaan berkerja pada suatu titik atau di distribusikan terhadap satu luasan tertentu. *Body forces* di distribusikan menyebar melalui volume satu benda.

Semua gaya yang berkerja pada benda, termasuk gaya reaksi oleh tumpuan dan gaya berat di anggap sebagai gaya luar (*external forces*). Beban sebagai gaya luar yang berkerja pada pesawat pengangkat dapat juga di klasifikasikan sebagai beban statis (*static load*) dan beban dinamis (*dynamic load*). Beban statis berkerja secara perlahan, meningkat secara bertahap dimulai dari 0 ke nilai maksimum nya. Beban statis bias jadi tetap (*stationary*), artinya gaya, torsi, momen, atau kombinasi beban ini yang berkerja tidak berubah, baik besar, arah, maupun titik kerjanya. Sebalik nya beban dinamis berkerja sangat tiba-tiba, mengakibatkan getaran pada *frame* pesawat angkat atau mungkin berubah arah terhadap fungsi waktu.

2.3.1. Analisa Beban

Jika suatu system gaya yang berkerja pada struktur suatu pesawat pengangkat memiliki resultan gaya nol maka di katakana bahwa pesawat angkat berada dalam kesetimbangan. Kondisi kesetimbangan dicapai apabila memenuhi syarat kesetimbangan:

$$\begin{aligned} \sum F_x = 0 \quad \sum F_y = 0 \quad \sum F_z = 0 \\ \sum M_x = 0 \quad \sum M_y = 0 \quad \sum M_z = 0 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Apabila beban dipercepat yaitu jika besar atau arah kecepatan beban berubah dengan menggunakan hukum II Newton, kondisi kesetimbangan dicapai apabila:

$$\sum F_x = a_x \quad \sum F_y = ma_y \quad \sum M_z = Ia \quad (2.2)$$

Dengan m adalah masa dan I adalah momen inersia massa sentroid terhdap sumbu z . Besaran a_x, a_y, a_z merupakan percepatan titik pusat massa linear dan sudut terhadap sumbu $x, y, dan z$. Semua pesawat pengangkat di klasifikasikan menurut kerja periodik dari pesawat pengangkat dan kapasitas perjamnya. Bila mengangkat beban satuan maupun beban curah maka beban P dimaksudkan sebagai berat beban dalam Kn. Jadi:

$$P = V \gamma \quad (\text{kN}) \quad (2.3)$$

Dengan V : volume muatan (m^3)

γ : berat jenis (*specific weight*) dalam kN/m^3

Total kapasitas angkat (*total load- lifting capacity*) adalah:

$$L_c = (P+W) \text{ kN} \quad (2.4)$$

Dengan P : bobot hidup dari muatan, kN

G : berat *grip* (*bucket, hook, grab*), kN

Gaya reaksi R_A dan R_B yang berkerja di tentukan dengan menerapkan kondisi kesetimbangan, $\sum M_z = 0$ pada B dan $\sum F_y = 0$, maka:

$$R_A = \frac{1}{2} \left(P \frac{L_1}{L_3} + \frac{1}{2} W_1 \frac{L_1}{L_3} + \frac{1}{4} W_c + W_3 + \frac{1}{2} W_5 \right)$$

$$R_B = -R_A + \frac{1}{2} P + \frac{1}{2} W_1 + W_2 + W_3 + \frac{1}{2} W_4 + \frac{1}{2} W_c + \frac{1}{2} W_5 \quad (2.5)$$

Faktor keselamatan n_t yang berkerja terhadap beban jungkit (*tipping load*) dihitung pada kondisi $\sum M_z = 0$ pada titik A :

$$n_t [P(L_1 - L_3) + FH] = W_1 \left(L_3 - \frac{1}{2} L_1 \right) + 2 W_2 L_3 + W_4 L_3 + \frac{3}{4} W_c L_3 + \frac{1}{2} (2W_3 + W_5) L_3 \quad (2.6)$$

2.4. Konstruksi Rangka Batang

1. Ketentuan *statis*

Suatu konstruksi rangka batang menjadi *statis* tertentu jikalau dapat ditentukan reaksi tumpuan dan gaya batang masing – masing dengan syarat keseimbangan. Semua gaya P yang bekerja pada titik simpul m dan semua gaya batang S harus seimbang. Ketentuan ini dapat ditulis sebagai berikut :

$$\sum x = P_m \cos \beta_m + \sum S \cos \alpha = 0 \quad (2.7)$$

$$\sum y = P_m \sin \beta_m + \sum S \sin \alpha = 0 \quad (2.8)$$

Pada suatu konstruksi rangka batang dengan banyak titik simpul K , maka akan dipunyai dua kali K . Ketentuan keseimbangan untuk menentukan gaya batang S masing - masing dan reaksi tumpuana masing - masing, seperti terlihat pada rumus berikut :

$$s + a = 2 k \quad (2.9)$$

dengan a = reaksi tumpuan, s = banyaknya batang, dan k = banyaknya titik simpul

2. Kestabilan konstruksi rangka batang

Ketentuan rumus (2.8) hanya menentukan, bahwa suatu konstruksi rangka batang menjadi *statis* tertentu, akan tetapi bukan menjadi konstruksi rangka batang yang stabil atau tidak. Bentuk pada rangka batang yang stabil adalah bentuk segitiga.

3. Bentuk pada konstruksi rangka batang

Konstruksi rangka batang yang paling sederhana, yaitu suatu segitiga, apabila dipasang dua batang lagi dengan satu titik simpul bersama, akan didapatkan suatu jarring terdiri dari segitiga - segitiga. Tiap - tiap titik simpul yang ditambahkan, diikuti oleh dua persamaan keseimbangan dan dengan bentuk konstruksi rangka batang selalu menjadi statis tertentu dan juga stabil.

2.4.1. Pengertian Rangka Batang

Rangka batang merupakan rangkaian dari beberapa elemen batang yang membentuk satu atau lebih segitiga batang. Bentuk segitiga batang dipilih karena dianggap bahwa segitiga batang ini dapat membentuk rangkaian yang kokoh atau statis dibandingkan dengan dengan rangkaian batang bentuk segi empat atau poligon. Pada konstruksi yang berupa rangka batang seperti jembatan atau kuda-kuda pada bangunan gedung, kita akan dihadapkan pada pemilihan bahan atau material yang akan digunakan. Lazim kita lihat bahwa material batang baja dan balok kayu sering digunakan pada konstruksi jembatan maupun kuda-kuda tersebut, walaupun dewasa ini sudah ada inovasi baru terkait bahan alternatif selain kayu dan baja. Besar dimensi batang (kayu / baja) pada rangka batang akan tergantung besar gaya yang terdistribusi pada batang akibat beban luar ataupun beban sendiri batang tersebut. Jenis gaya yang bekerja pada batang (tarik atau tekan) Uji tegangan untuk batang tekan atau uji regangan untuk batang tarik.

Menghitung gaya rangka batang dapat dilakukan dengan beberapa metode yakni metode analitis maupun metode grafik. Metode analitis sendiri terdiri dari beberapa metode, metode keseimbangan titik simpul, metode ritter (*Methode of section*), metode elemen hingga atau metode matriks. Sedangkan metode grafis disebut juga dengan metode *cremona*. Metode keseimbangan titik simpul merupakan metode yang digunakan untuk mencari gaya batang dengan merujuk pada hukum statika bahwa gaya-gaya yang bekerja pada suatu titik simpul dalam keadaan seimbang. Dikatakan dalam keadaan seimbang manakala hasil penjumlahan gaya hasilnya sama dengan nol ($\sum F_x = 0$ dan $\sum F_y = 0$). Metode Ritter atau biasa juga disebut dengan metode potongan (*methode of section*) adalah metode yang dikenalkan oleh James A Ritter, seorang professor teknik berkebangsaan Jerman. Dalam metode ini gambar rangka batang dibuat dalam bentuk potongan-potongan melintang. Berbeda dengan metode titik simpul,

metode ritter merujuk pada hukum statika yaitu bahwa jumlah momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang ($\sum M = 0$). Sedangkan metode elemen hingga (*finite element method*) merupakan suatu metode numerik yang digunakan untuk menghitung gaya dalam pada suatu struktur. Keuntungan dari metode elemen hingga adalah bahwa apa yang tidak dapat diselesaikan dengan penyelesaian analitis dapat dipecahkan dengan metode ini, sebagai contoh konstruksi yang mempunyai geometris yang kompleks dan bebanyangkomples. Konsep dasar metode elemen hingga adalah prinsip deskritisasi yaitu membagi suatu benda menjadi elemen - elemen yang berukuran lebih kecil supaya lebih mudah pengelolaannya. Salah satu jenis struktur dalam elemen hingga adalah struktur rangka bidang yang memiliki 2 buah *dof* (*degree of freedom*) di setiap elemennya yaitu d_1 dan d_2 . Dalam penyelesaiannya, metode elemen hingga menggunakan prinsip matriks kekakuan baik terhadap sumbu lokal maupun sumbu global.

2.4.2. Metode Analisis Rangka Batang

Beberapa metode digunakan untuk menganalisis rangka batang. Metode – metode ini pada prinsipnya didasarkan pada prinsip keseimbangan. Metode – metode yang umum digunakan untuk analisa rangka batang adalah keseimbangan titik hubung pada rangka. Pada analisis rangka batang dengan titik hubung (*joint*), rangka batang dianggap sebagai gabungan batang dan titik hubung. Gaya batang diperoleh dengan meninjau titik – titik hubung setiap titik hubung harus berada dalam keseimbangan.

2.4.3. Analisa Kekuatan Rangka

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang pengaruh suatu beban terhadap gaya – gaya dan juga beban yang mungkin ada pada bahan tersebut. Dalam ilmu statika keberadaan gaya – gaya yang mempengaruhi sebuah sistem menjadi suatu objek tinjauan utama. Sedangkan untuk menghitung kekuatan rangka dapat ditinjau melalui gaya geser moment lentur yang muncul akibat beban yang di berikan pada rangka menggunakan metode *slope deflektion* yang menyebabkan perpindahan – perpindahan (*rotasi* dan *translasi*) pada setiap titik hubung yang kaku. Metode perubahan sudut ini sangat umum digunakan untuk

menganalisa balok dan kerangka kaku baik yang bersifat *statis* tak tentu maupun *statis* tertentu.

2.5. Pengertian Kesetimbangan

Benda-benda dalam pengalaman kita paling tidak memiliki satu gaya yang bekerja pada mereka (*gravitasi*), dan jika benda-benda tersebut dalam keadaan diam, maka pasti ada gaya lain yang juga bekerja sehingga gaya total menjadi nol. Sebuah benda yang diam di atas meja, misalnya, mempunyai gaya yang bekerja padanya, gaya gravitasi ke bawah dan gaya normal yang diberikan meja ke atas pada benda tersebut. Karena gaya total nol, gaya ke atas yang diberikan oleh meja harus sama besarnya dengan gaya *gravitasi* yang bekerja ke bawah. Benda seperti itu dikatakan dalam keadaan setimbang (*equilibrium*: bahasa Latin untuk “gaya-gaya yang sama” atau “kesetimbangan”) di bawah pengaruh kedua gaya ini.

2.5.1. Keseimbangan Potongan

Dalam metode yang dikembangkan oleh *Ritter* dibuat potongan khayal melalui *truss* atau rangka dan gaya diterapkan pada masing - masing bagian dari struktur supaya dalam keseimbangan. Gaya yang diterapkan ini besar dan arahnya dengan gaya batang yang terpotong. Karena hanya ada tiga persamaan keseimbangan, maka tidak akan didapatkan besar gaya, apabila lebih dari tiga batang yang terpotong dalam memisahkan kedua bagian rangka ini, kecuali beberapa batang telah diketahui. Kumpulan gaya – gaya internal merupakan akibat beban luar pada struktur dan merupakan bagian yang mempertahankan keseimbangan. Sebelum gaya – gaya batang dicari, terlebih dahulu diselidiki sifat gaya batang tersebut, apakah tarik atau tekan dan jumlah momen yang diakibatkan oleh semua gaya harus sama dengan nol pada sembarang titik. Selanjutnya, apakah dituliskan $\Sigma F_x = 0$, akan ada dua gaya yang tidak diketahui, sehingga persamaan tersebut dapat diselesaikan persamaan keseimbangan momen terhadap titik yang hanya melibatkan satu gaya tadi ketahu.

2.5.2. Syarat - syarat Kesetimbangan

Agar sebuah benda diam, jumlah gaya yang bekerja padanya harus berjumlah nol. Karena gaya merupakan vektor, komponen-komponen gaya total masing-masing harus nol. Dengan demikian, syarat kesetimbangan adalah:

$$\vec{F}_x = 0, \quad \vec{F}_y = 0, \quad \vec{F}_z = 0 \quad (1)$$

Agar sebuah benda tetap diam, maka torsi total yang bekerja padanya (dihitung dari sumbu mana saja) harus nol. Sehingga syarat kesetimbangan adalah:

$$\sum \tau = 0 \quad (2)$$

Dengan demikian terdapat dua kondisi yang dibutuhkan oleh suatu benda untuk mencapai kesetimbangan. Kondisi pertama adalah pernyataan dari kesetimbangan translasional: yang menyatakan bahwa percepatan linier dari pusat massa benda haruslah nol ketika diamati dari kerangka acuan inersia. Kondisi yang kedua adalah pernyataan tentang kesetimbangan rotasional dan menyatakan bahwa percepatan sudut terhadap semua sumbu haruslah nol. Dalam kasus khusus kesetimbangan statis merupakan keadaan benda - benda dalam keadaan diam relatif terhadap pengamat dan oleh karena itu tidak memiliki percepatan linear maupun percepatan sudut (yakni $V_{PM} = 0$ dan $\omega = 0$ (Serway, 2009). Efek rotasi dari sebuah benda terkadang dikaitkan dengan pusat gravitasi yang didefinisikan sebagai gaya tunggal ke atas yang dapat menyeimbangkan atraksi gravitasi pada seluruh bagian benda untuk berbagai posisi.

2.5.3. Pengertian Benda Tegar

Sebelum membahas konsep kesetimbangan benda tegar lebih lanjut kita harus tahu apa yang dimaksud dengan benda tegar. Kita telah ketahui akibat yang ditimbulkan jika sebuah benda dikenai gaya, salah satunya adalah terjadi perubahan bentuk. Untuk benda tegar jika dikenai gaya tidak akan terjadi perubahan bentuk. Jadi pengertian benda tegar adalah suatu benda jika dikenai gaya ataupun momen gaya tidak mengalami perubahan bentuk. Apakah benda tegar benar-benar ada di dunia ini?. Sebenarnya benda tegar hanyalah suatu model idealisasi dan dalam dunia nyata benda seperti itu tidak ada. Pada dasarnya semua benda akan mengalami perubahan bentuk apabila dipengaruhi oleh suatu gaya atau momen gaya. Akan tetapi, perubahan yang ditimbulkan akibat gaya sangatlah kecil, maka pengaruhnya terhadap keseimbangan statis dapat kita abaikan.

2.5.4. Teori Kesetimbangan Benda Tegar

Kesetimbangan benda tegar adalah kondisi dimana momentum benda tegar sama dengan nol. Artinya jika awalnya benda tegar tersebut diam, maka ia akan tetap diam. Namun jika awalnya benda tegar tersebut bergerak dengan kecepatan

konstan, maka ia akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan. Keseimbangan biasa terjadi pada :

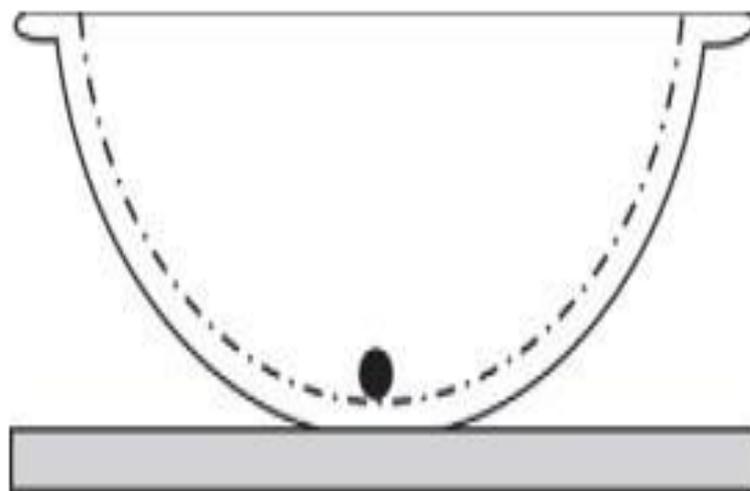
1. Benda yang diam (*statik*), contoh : semua bangunan gedung, jembatan, pelabuhan, dan lain-lain.
2. Benda yang bergerak lurus beraturan (*dinamik*), contoh : gerak meteor di ruang hampa, gerak kereta api di luar kota, *elektron* mengelilingi inti *atom*, dan lain-lain.

Benda tegar adalah benda yang tidak berubah bentuknya karena pengaruh gaya dari luar. Bisa kita lihat di materi hukum *hooke* besaran pokok dan besaran turunan perlu diperlihatkan bahwa momentum terbagi menjadi dua, yakni momentum linier dan momentum angular, pertama – tama kita meninjau momentum linier $p = 0$. Momentum linier dan impuls dihubungkan oleh persamaan.

Secara umum keseimbangan benda tegar dapat dikelompokkan menjadi dua, yakni keseimbangan dinamis (benda yang bergerak baik secara *translasi / linear* ataupun secara *angular*) dan keseimbangan benda statis (benda yang betul – betul diam).

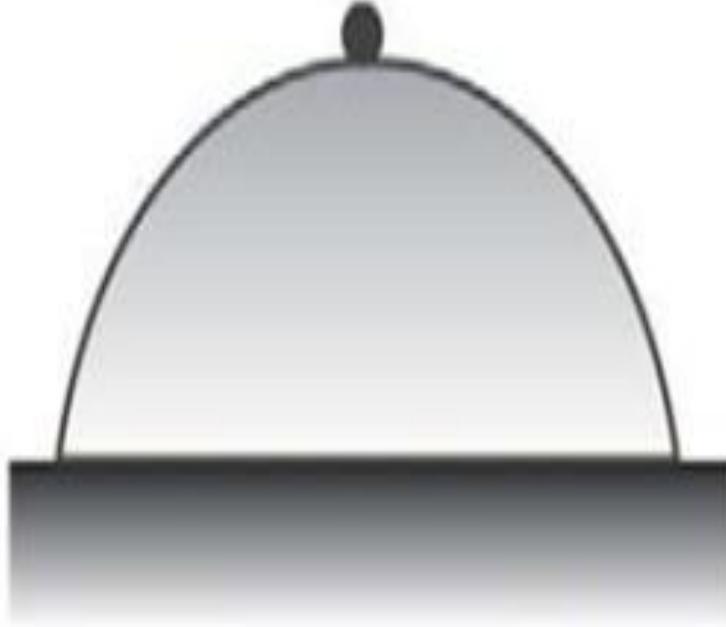
Keseimbangan statis itu sendiri dikelompokkan menjadi 2, yakni :

1. Keseimbangan stabil terjadi apa bila suatu benda diberikan gaya maka posisinya akan berubah. Namun bila gaya tersebut dihilangkan maka posisinya akan kembali ke titik semula.



Gambar 2.14. Keseimbangan stabil.

2. Kestimbangan labil (tidak stabil) terjadi apabila suatu benda diberikan gaya maka posisinya akan berubah. Namun bila gaya dihilangkan maka posisinya tidak akan kembali ke posisi semula.



Gambar 2.15. Kestimbangan labil.

2.6. Pengertian Gaya

Di dalam ilmu fisika, gaya atau kakas adalah apapun yang dapat menyebabkan sebuah benda bermassa mengalami percepatan. Gaya memiliki besar dan arah, sehingga merupakan besaran vektor. Satuan SI yang digunakan untuk mengukur gaya adalah Newton (dilambangkan dengan N).

Gaya bukanlah sesuatu yang pokok dalam ilmu fisika, meskipun ada kecenderungan untuk memperkenalkan ilmu fisika lewat konsep ini. Yang lebih pokok ialah momentum, energi dan tekanan. Sebenarnya, tak seorang pun dapat mengukur gaya secara langsung. Tetapi, kalau sesuatu mengatakan seseorang mengukur gaya, sedikit berpikir akan membuat seseorang menyadari bahwa apa yang diukur sebenarnya adalah tekanan (atau mungkin kemiringannya).

Di fisika, gaya adalah aksi atau agen yang menyebabkan benda bermassa bergerak dipercepat. Hal ini mungkin dialami sebagai angkatan, dorongan atau tarikan. Percepatan benda sebanding dengan penjumlahan vektor seluruh gaya yang beraksi padanya (dikenal sebagai gaya netto atau gaya resultan). Dalam benda yang diperluas, gaya mungkin juga menyebabkan rotasi, deformasi atau

kenaikan tekanan terhadap benda. Efek rotasi ditentukan oleh torka, sementara deformasi dan tekanan ditentukan oleh stres yang diciptakan oleh gaya.

Konsep gaya telah membentuk bagian dari statika dan dinamika sejak zaman kuno. Kontribusi kuno terhadap statika berpuncak dalam pekerjaan Archimedes di abad ke tiga sebelum Masehi, yang masih membentuk bagian fisika modern. Sebaliknya, dinamika Aristoteles disatukan kesalahpahaman intuisi peranan gaya yang akhirnya dikoreksi dalam abad ke 17, berpuncak dalam pekerjaan Isaac Newton. Menurut perkembangan mekanika kuantum, sekarang dipahami bahwa partikel saling mempengaruhi satu sama lain melalui interaksi fundamental, menjadikan gaya sebagai konsep yang berguna hanya pada konsep makroskopik.

Menurut bahasa, gaya adalah tarikan atau dorongan. Gaya dapat menyebabkan :

- a) Benda diam menjadi bergerak
- b) Merubah bentuk benda
- c) Merubah arah gerak benda
- d) Menyebabkan benda yang bergerak menjadi diam.

Gaya didefinisikan sebagai suatu tarikan atau dorongan yang dikerahkan sebuah benda terhadap benda lain. Pengaruh gaya pada benda antara lain sebagai berikut:

- a) Menyebabkan perubahan kecepatan gerak benda.
- b) Menyebabkan benda diam menjadi bergerak dan sebaliknya.
- c) Mengubah arah gerak benda.
- d) Mengubah bentuk suatu benda.

2.6.1. Definisi Gaya

- a) Gaya adalah tarikan atau dorongan yang memiliki arah.
- b) Gaya terdiri atas gaya sentuh dan gaya tak sentuh.
- c) Gaya sentuh adalah gaya yang terjadi akibat sentuhan langsung.
- d) Gaya dapat menyebabkan perubahan posisi, kecepatan, bentuk, panjang, volume, dan arah.
- e) Alat yang digunakan untuk mengukur gaya secara langsung adalah neraca pegas atau dinamometer.
- f) Gaya memiliki besar dan arah.

- g) Sebuah benda yang dipengaruhi dua buah gaya dikatakan setimbang jika kedua gaya tersebut sama besar dan berlawanan arah
- h) Gaya gesek adalah gaya akibat sentuhan langsung dua permukaan.
- i) Besarnya gaya gesek bergantung pada kekasaran dan kehalusan permukaan yang bergesekan.
- j) Arah gaya gesek selalu berlawanan dengan arah kecenderungan gerak.
- k) Besaran yang menyatakan perbandingan gaya berat dan massa suatu benda disebut percepatan gravitasi. $g = w/m$
- l) Satuan percepatan gravitasi adalah N/kg atau m/s^2 .
- m) Berat benda bergantung pada jaraknya ke pusat bumi. Semakin jauh jarak ke pusat bumi semakin kecil beratnya.
- n) Massa benda selalu tetap di setiap tempat.

2.6.2. Hukum – hukum Gaya

Pada tahun 1687, Sir Isaac Newton, ilmuwan Fisika berkebangsaan Inggris, berhasil menemukan hubungan antaragaya dan gerak. Dari hasil pengamatan dan eksperimennya, Newton merumuskan tiga hukum mengenai gaya dan gerak yang dikenal dengan Hukum I Newton, Hukum II Newton, dan Hukum III Newton.

1. Hukum 1 Newton

Hukum pertama Newton tentang gerak menyatakan bahwa “sebuah benda yang bergerak dengan kecepatan tetap akan terus bergerak dengan kecepatan tersebut kecuali ada gaya resultan bekerja pada benda itu. Jika sebuah benda dalam keadaan diam, benda tersebut tetap diam kecuali ada gaya resultan yang bekerja pada benda itu.

Hukum I Newton juga menggambarkan sifat benda yang selalu mempertahankan keadaan diam atau keadaan Bergeraknya yang dinamakan inersia atau kelembaman. Oleh karena itu, Hukum I Newton dikenal juga dengan sebutan Hukum Kelembaman. ($F = 0$).

2. Hukum 2 Newton

Newton merumuskan Hukum II Newton sebagai berikut: “Percepatan yang dihasilkan oleh resultan gaya yang bekerja pada suatu benda berbanding lurus dengan resultan gaya dan berbanding terbalik massa benda.”

Keterangan :

F = resultan gaya (Newton).

m = massa benda (kg).

a = percepatan benda (Newton/kg).

3. Hukum 3 Newton

Hukum 3 Newton menyatakan bahwa: “Jika kamu memberikan gaya pada suatu benda (gaya aksi), kamu akan mendapatkan gaya yang sama besar, tetapi arahnya berlawanan (gaya reaksi) dengan gaya yang kamu berikan.” $F_{aksi} = -F_{reaksi}$. Gaya aksi dan reaksi tersebut memiliki besar yang sama, tetapi berlawanan arah dan bekerja pada dua benda yang berbeda.

2.6.3. Gaya Batang

Prinsip yang mendasari analisis gaya batang adalah bahwa setiap struktur atau setiap bagian atau setiap struktur dalam kondisi seimbang. Gaya – gaya batang yang bekerja pada titik hubung rangka batang pada semua bagian struktur harus berada dalam keseimbangan.

2.6.4. Penentuan Gaya Batang

Cara pembangunan konstruksi rangka batang yang *statis* tertentu dan stabil telah ditentukan dengan menggunakan segi - tiga demi segi - tiga. Menurut ketentuan keseimbangan yang biasa dilakukan secara grafis dengan menggambarkan satu polygon batang tarik untuk setiap titik simpul, dapat ditentukan gaya batang pada suatu titik simpul sembarang, jikalau diketahui satu gaya batang dan dapat mencari dua gaya batang.

Berbagai metode keseimbangan suatu system gaya – gaya yang dibatasi pada satu bidang mempunyai suatu penerapan yang luas dalam analisa *truss* bidang (*plane truss*). Truss didefinisikan sebagai suatu sistem batang, yang kesemuanya terletak dalam satu bidang dan disambungkan secara bersama pada ujung - ujungnya dengan cara yang sedemikian sehingga membentuk sebuah bangunan rangka yang kaku. Gaya yang diberikan setiap batang *truss* pada engsel dikedua ujungnya dapat dinyatakan dengan dua buah gaya yang sama, berlawanan arah dan *kolinear* yang garis – garis kerjanya berimpit dengan sumbu batang, sehingga gaya dalam keadaan seimbang.

Untuk mengetahui gaya batang tekan atau tarik, digunakan perjanjian tanda. Untuk tanda positif menunjuk gaya tarik, sedangkan gaya tekan ditunjukkan dengan tanda minus. Dalam penggambarannya pada setiap titik tanda untuk menunjukkan tekan atau tarik diperlihatkan dengan menggambarkan arah panah. Arah panah menuju titik hubung menunjukkan tekan, sedangkan tarik ditunjukkan dengan menggambarkan anak panah menjauh dari titik hubung.

2.6.5. Gaya – gaya Bekerja Pada Batang Lurus

Konstruksi rangka batang sebetulnya masih semacam konstruksi batang, dengan batang masing-masing hanya menerima gaya tekan atau tarikan. Konstruksi rangka batang terdiri dari batang-batang yang lurus dan yang disambung pada titik simpul. Perhitungan konstruksi rangka batang berdasarkan ketentuan - ketentuan seperti berikut :

- a. Menurut ketentuan Karl culmann 1852 pada tiap - tiap titik simpul garis sumbu sebagai engsel.
- b. Beban – beban pada konstruksi rangka batang hanya boleh bekerja pada titik simpul.
- c. Garis sumbu batang masing – masing harus lurus.
- d. Jikalau pada suatu titik simpul garis sumbu masing – masing tidak bertemu pada satu titik, maka harus diperhatikan supaya jumlah momen yang timbul oleh eksentrisitas ini menjadi nol.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Tempat dan waktu perlu di perhatikan dalam penulisan tugas sarjana ini. Diperlukan penjadwalan secara teratur dan terperinci agar dapat pelaksanaan tepat pada waktunya.

3.1.1. Tempat

Adapun tempat pelaksanaan analisa kekuatan rangka mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini dilakukan di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Jalan Kapten Mukhtar Basri no.3 Medan.

3.1.2. Waktu

Waktu penelitian dilaksanakan sejak Mei 2018 - February 2019 seperti pada tabel.

Tabel 3.1. Uraian Kegiatan.

NO	Kegiatan	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb
1	Pengajuan judul										
2	Studi literatur										
3	Pembuatan alat										
4	Pengambilan data										
5	Penyelesaian TA										
6	Kesimpulan										

3.2. Bahan dan Alat

Adapun bahan dan alat kerja yang digunakan dalam proses analisa kekuatan rangka mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini adalah sebagai berikut :

3.2.1. Bahan

Lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik*



Gambar 3.1. Lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik*.

Bahan yang digunakan menjadi objek analisa kekuatan rangka mini *crane portable* kapasitas 1 ton adalah sebagai berikut :

1. Lengan *Crane*
2. Lengan *boom teleskopik*

3.2.2. Alat

1. Mini *crane portable* kapasitas 1 ton.



Gambar 3.2. *Mini crane portable* kapasitas 1 ton.

2. *Bottle jack* (Dongkrak Botol)



Gambar 3.3. *Bottle jack* (Dongkrak botol)

Bottle jack /dongkrak botol digunakan untuk mengangkat dan menurunkan beban yang di kaitkan pada *crane hook*.

3. Kait (*Crane Hook*) dan Rantai



Gambar 3.4. Kait (*crane hook*) dan rantai

Kait dan rantai digunakan sebagai penghubung antara beban dan lengan *boom teleskopik* yang akan mengangkat beban melalui gerakan dongkrak yang di pompa ke arah atas.

4. Besi berbentuk kotak.



Gambar 3.5. Besi berbentuk kotak.

Besi berbentuk kotak ini digunakan sebagai beban pada mini *crane portable* kapasitas 1 ton.

3.3. Metode Pengumpulan Data

Prosedur yang dilakukan dalam pengambilan data *mini crane portable* kapasitas 1 ton ini ialah sebagai berikut :

1. Ukuran lengan crane :

Panjang = 950 mm	Lebar = 110 mm
Tebal = 7 mm	Luas Penampang = 6,5 mm

2. Ukuran lengan *boom teleskopik* :

Panjang = 900 mm	Lebar = 100 mm
Tebal = 7 mm	Luas Penampang = 5,5 mm

3.3.1. Metode Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari ukuran lengan crane dan lengan boom teleskopik akan dihitung menggunakan rumus - rumus yang sesuai dengan perhitungannya.

3.4. *Mini Crane Portable* Kapasitas 1 Ton

Mini crane portable kapasitas 1 ton ini adalah suatu alat pengangkat atau pemindah bahan yang fungsinya dapat bergerak secara *vertical* maupun *horisontal* yang dapat digunakan pada pengerjaan proyek – proyek kecil maupun besar sesuai kegunaannya, alat ini juga dapat digunakan pada bengkel – bengkel mobil yang kegunaannya dapat mengangkat beban 1 ton atau di bawah 1 ton. Alat ini juga pengoperasiannya sangat mudah dan tidak beresiko pada penggunaannya, alat ini juga sangat mudah pemeliharaannya karena sangat simpel dan tidak terlalu banyak komponen yang ada pada *mini crane portable* kapasitas 1 ton ini.

3.4.1. Komponen – komponen *Mini Crane Portable*

Adapun komponen - komponen *mini crane portable* berkapasitas 1 ton sebagai berikut :

1. Pondasi Utama *Mini Crane*

Pondasi utama *mini crane* ini sangat berfungsi untuk mengatur keseimbangan pengangkatan benda menggunakan *mini crane* tersebut, pondasi utama ini disebut juga penampang bawah yang di desain sebaik mungkin, pondasi utama ini bisa dilipat apabila alat sedang tidak digunakan, pondasi ini juga sebagai dudukkan roda *mini crane*, tiang utama *mini crane portable* dan komponen *crane* lainnya.



Gambar 3.6. Pondasi bawah mini *crane*.

2. Tiang Utama (Dudukan Dongkrak)

Tiang utama berfungsi sebagai tempat dudukkan dongkrak untuk menahan beban yang diangkat oleh mini *crane* dan sebagai penyambung lengan bagian atas mini *crane*.



Gambar 3.7. Tiang utama / dudukkan dongkrak.

3. Lengan *Crane*

Lengan *crane* ini bergerak naik turun menggunakan dongkrak hidrolik (*hydraulic long ram jack*) tipe D-51905 dari *US Jack*, dengan kapasitas angkat 3 ton dan panjang lengan seluruhnya 1260 mm, sedangkan lengan *crane* berfungsi untuk tempat duduk rantai dan *hook* dan diatur letaknya sesuai beban yang akan diangkat dengan mini *crane*.



Gambar 3.8. Lengan *Crane* dan lengan *boom teleskopik*.

4. Kait (*Crane Hook*)

Crane hook (Kait) adalah komponen yang berfungsi sebagai penghubung antara *crane* dan muatannya. *Crane* berfungsi untuk mengangkat muatannya, *crane* menggunakan rantai yang diikatkan pada kait (*crane hook*). *Crane hook* yang digunakan berukuran 5/16, berat kait rantai 1,5 kg dan kapasitas kait 1 ton.



Gambar 3.9. Kait (*crane hook*).

5. *Bottle jack* (Dongkrak Botol)

Dongkrak ini disebut *bottle jack* karena bentuknya seperti botol. Fungsi *bottle jack* sama seperti *crocodile jack*, yaitu untuk mengangkat kendaraan pada ketinggian tertentu untuk dapat melakukan perbaikan pada bagian bawah kendaraan dan dongkrak digunakan mini *crane* sebagai penahan beban yang diangkat dan bisa mengatur ketinggian benda yang diangkat. Dongkrak yang digunakan tipe D-51905 dari *US Jack*, dengan kapasitas angkat 3 ton dan panjang dongkrak seluruhnya 1,110 mm, panjang as dongkrak 53 cm dan berat dongkrak 9,5 kg.



Gambar 3.10. *Bottle jack* (Dongkrak botol).

6. Roda *Crane*

Roda *crane* berfungsi untuk membantu pemindahan alat mini *crane* walau dalam keadaan mengangkat beban. Roda yang digunakan berbahan besi yang biasa digunakan untuk menopang beban berat. Roda yang digunakan berdiameter 88 mm dan lebar tapak roda 30 mm.



Gambar 3.11. Roda *crane*.

7. Pen, Baut Dan Mur

Pen baut dan mur berfungsi sebagai penahan kaki pondasi yang bisa dilipat agar mudah membukanya, sedangkan baut dan mur digunakan berkepala 17 dan berukuran 11 mm dan mempunyai panjang yang berbeda sesuai letaknya untuk menyambungkan komponen mini *crane*.





Gambar 3.12. Pan,baut dan mur.

8. Tali Pengikat

Tali pengikat berfungsi untuk mengikat barang anda dengan lebih kuat dan kokoh dibandingkan pengikat barang konvensional. Pengikat barang ini dilengkapi dengan tali dan pengunci yang dapat disesuaikan dengan dimensi barang yang akan diangkat. Tali pengikat ini dapat digunakan pada mini crane untuk mengangkat barang sesuai bentuknya atau digunakan pada mobil pickup untuk membawa barang pada bagasi belakangnya. Tali ini dapat menahan bobot hingga 3 ton dan memiliki panjang tali 10 meter.



Gambar 3.13. Tali pengikat barang.

3.4.2. Spesifikasi Dan Penjelasan Mini *Crane Portable*

Adapun keuntungan dari menggunakan mini *crane portabel* berkapasitas 1 ton ini adalah sangat membantu saat pemindahan barang yang berkapasitas 1 ton dari satu tempat ke tempat lain. Berdasarkan hasil tinjauan mini *crane portable* berkapasitas angkat 1 ton ini dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Ditinjau dari segi kemudahan perawatan, alat ini mempunyai beberapa kelebihan di antaranya:
 - a. Alat ini tidak terlalu memerlukan perawatan intensif.
 - b. Desain alat cukup sederhana, sehingga tidak memerlukan tenaga ahli khusus dalam perbaikannya.
 - c. Suku cadang (*spare part*) yang digunakan banyak beredar dipasaran.
2. Ditinjau dari segi pembuatan, alat ini mempunyai beberapa kelebihan diantaranya:
 - a. Alat ini sangat mudah dioperasikan,
 - b. Ringkas, bisa dibongkar - pasang (*knock down*).
 - c. Mudah dibawa dan disimpan karena ini tidak memerlukan ruang yang luas.
3. Parameter dan spesifikasi dari alat ini, antara lain:
 - Diameter Roda : 75 mm
 - Tinggi Alat : 1750 mm
 - Lebar Alat : 920 mm
 - Panjang Alat : 1260 mm
 - Kapasitas Angkat: 1000 kg
 - Berat Alat : 95 kg
 - Tinggi Angkatan : 2150 mm
 - Banyak Roda : 6 roda

3.5. Tahap Analisa

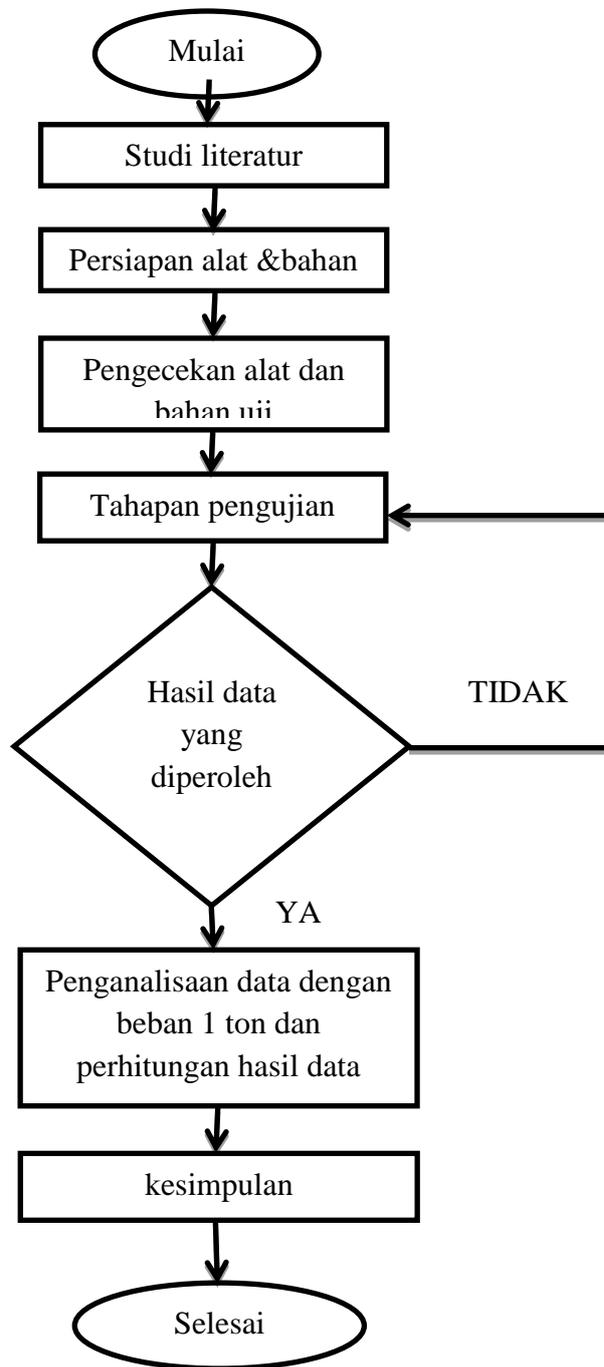
Pada tahapan ini yang menjadi acuan adalah gaya yang bekerja pada lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik* mini *crane portable* kapasitas 1 ton, analisa yang dilakukan meliputi :

1. Analisa dilakukan dengan beban 1 ton.

2. Beban 1 ton tersebut akan di angkat oleh lengan crane dan lengan boom teleskopik dan di pompa oleh hidraulik.
3. Menganalisa gaya yang terjadi pada lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik mini crane portable* kapasitas 1 ton setelah di beri beban sebesar 1 ton.
4. Menganalisa besar gaya yang terjadi pada titik Ra dan Rb pada lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik mini crane portable* kapasitas 1 ton setelah diberi beban sebesar 1 ton.

3.6. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.14. *Flow chart* konsep penelitian.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian diambil dari alat mini *crane portable* kapasitas 1 ton. Parameter penelitian adalah kekuatan rangka mini *crane portable* kapasitas 1 ton.



Gambar 4.1 Mini Crane Ketika Mengangkat Beban.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Data Kekuatan Bahan Rangka

Rangka mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini terbuat dari baja ST 37.

Tabel. 4.1. Kekuatan Bahan Rangka Baja St 37.

Bahan	Modulus Elastisitas	Modulus Geser	Resistan Max	Resistan Extension	Tegangan Tarik Berulang	Tegangan Tarik Berganti	Tegangan Bengkok Berulang	Tegangan Bengkok Berganti
	E	G	Rm	Re	$\sigma_{t.ul}$	$\sigma_{t.gt}$	$\sigma_{b.ul}$	$\sigma_{b.gt}$
St 37	210,000	80,000	370	240	240	175	340	200

a. Bahan ST 37 untuk lengan *boom teleskopik*.

$$\text{Tegangan Ultimate } (\sigma_u) = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan ijin } (\sigma_u) = \frac{370 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$= 92,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan geser } (\tau_i) = \frac{370 \text{ N/mm}^2}{8}$$

$$= 46,25 \text{ N/mm}^2$$

Ukuran Lengan *Boom Teleskopik*

$$\text{Panjang} = 900 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 100 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Penampang} = 55 \text{ mm}$$

b. Bahan ST 37 untuk lengan *crane*.

$$\text{Tegangan Ultimate } (\sigma_u) = 370 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan ijin } (\sigma_u) = \frac{370 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$= 92,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Tegangan geser } (\tau_i) = \frac{370 \text{ N/mm}^2}{8}$$

$$= 46,25 \text{ N/mm}^2$$

Ukuran Lengan *Crane*

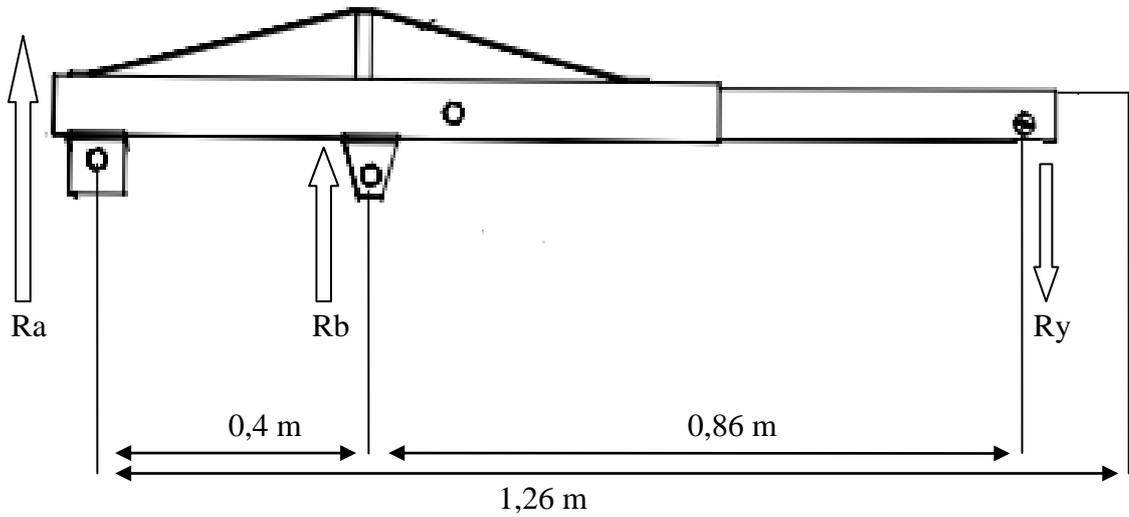
$$\text{Panjang} = 950 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar} = 110 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal} = 7 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Penampang} = 65 \text{ mm}$$

4.2.2. Analisa Gaya Pada Lengan *Crane* Dan Lengan *Boom Teleskopik*



Gambar 4.2. Sketsa arah gaya pada lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik*.

$$m = 1000\text{ Kg}$$

$$g = 9,81\text{ m / s}^2$$

$$x = 0,4\text{ m}$$

$$y = 0,86\text{ m}$$

$$R_y = 1,26\text{ m}$$

$$\sum MA = 0$$

$$+ R_a + R_b = R_y$$

$$R_a + R_b - R_y = 0$$

$$R_a + R_b - 1000\text{ kg} \times 9,81 = 0$$

$$R_a + R_b = 9810\text{ N}$$

$$\sum MB = 0$$

$$- R_y = W = m \times g$$

$$R_a \times x + R_y \times (x + y) = 0$$

$$R_a \times 0,4 + 9810 \times (0,86) = 0$$

$$R_a \times 0,4 = + 8437\text{ N}$$

$$R_a = \frac{8437\text{ N}}{0,4\text{ m}}$$

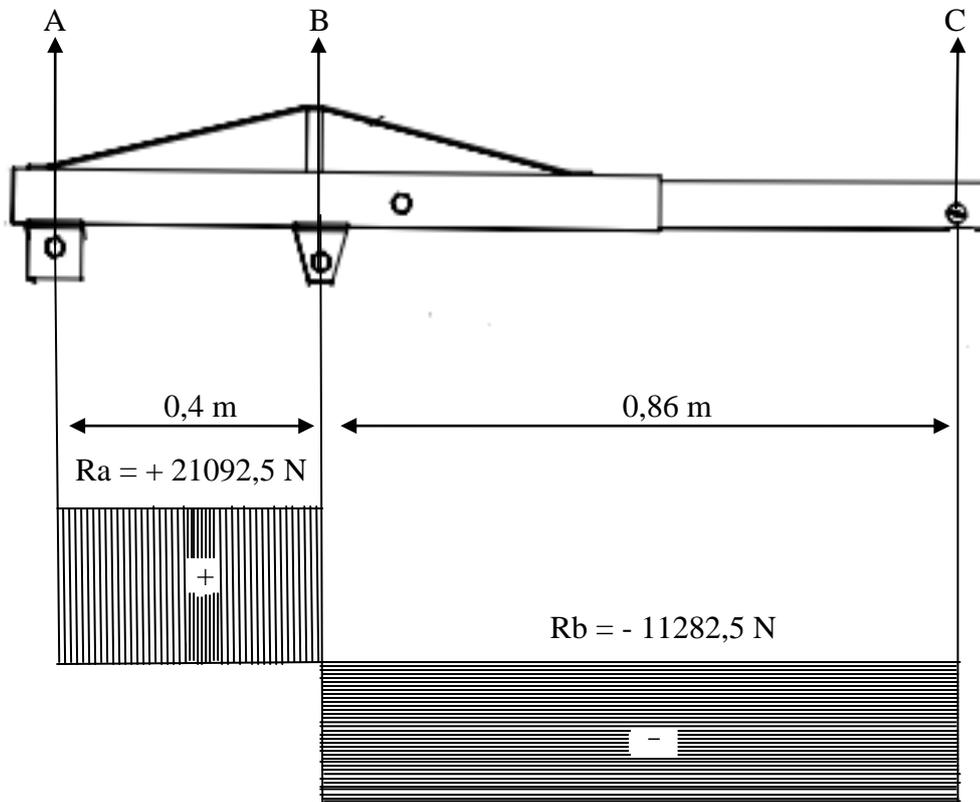
$$R_a = + 21092,5\text{ N}$$

$$= + 2,150\text{ Kg}$$

$$R_a + R_b = R_y$$



$$\begin{aligned}
 + 21092,5 + R_b &= 9810 \\
 R_b &= - 9810 + 21092,5 \\
 &= - 11282,5 \text{ N} \\
 &= - 1.150 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.3. Diagram gaya pada lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Pada analisa kekuatan rangka mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Ditinjau dari segi analisa kekuatan rangka mini *crane portable* kapasitas 1 ton tersebut, diperoleh data gaya yang terjadi pada rangka lengan *crane* dan lengan *boom teleskopik* mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini, yaitu pada lengan crane dan lengan *boom teleskopik* terjadi gaya sebesar - 11282.5 N. Dan gaya yang terjadi pada titik Ra sebesar + 21092,5 N. Dan untuk mengetahui gaya yang terjadi di titik Rb ialah dengan cara menambah gaya di titik Ra + 21092,5, di tambah dengan beban sebesar 9810 N maka gaya yang terjadi di titik Rb ialah sebesar - 11282.5 N.
2. Ditinjau dari segi kekuatan rangka, alat mini *crane portable* kapasitas 1 ton ini mempunyai beberapa kelebihan yaitu :
 - a. Alat ini cukup kuat dan aman untuk mengangkat beban yang beratnya mencapai 1 ton atau lebih.
 - b. Bahan rangka terbuat dari besi Baja ST 37 yang ketebalannya bervariasi pada setiap batang rangkanya.
 - c. Bahan – bahan rangka alat ini juga cukup mudah di dapatkan di pasaran apabila terjadi suatu kerusakan pada rangka dan ingin di perbaiki.
 - d. Desain alat cukup sederhana, sehingga tidak memerlukan tenaga ahli khusus dalam perbaikannya.

5.2. Saran

Adapun beberapa saran yang perlu di sampaikan oleh penulis ialah :

- a) Pada riset berikutnya penulis menyarankan alat mini *crane portable* berkapasitas 1 ton ini dikembangkan lagi sesuai dengan perkembangan teknologi yang ada.
- b) Lakukan perawatan komponen – komponen rangka mini *crane portable* tersebut dengan cara tidak membiarkan rangka tersebut terkena karat.
- c) Penulis harus meneliti lebih lagi dan mengembangkan alat mini *crane portable* berkapasitas 1 ton tersebut.

- d) Penulis bisa menambah teknologi dengan mesin motor agar memudahkan pemindahan alat pada saat mengangkat beban.
- e) Utamakan keselamatan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Ach. Muhib Zainuri. 2008,2010, *Mesin Pemindah Bahan*, Andi OFFSET Yogyakarta.
- Alkon, 2001, *Buku Panduan Operator Crane Mobile*, Lembaga Pembinaan Keterampilan dan Manajemen, Surabaya.
- Daryanto. 1989. *Alat Pesawat Pengangkat*. Jakarta :PT. Bina Aksara.
- Giancoli, Douglas C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Herman dan asisten. 2014. *Penuntun Praktikum Fisika Dasar*. Makassar :
Laboratorium Fisika Dasar.
<http://arsyadriyadi.blogspot.com/2011/07/pengertian-gaya.html>
<http://balgis-mahdi.blogspot.com/2008/09/definisi-gaya.html>
<http://basistik.blogspot.com/2011/05/jenis-jenis-gaya.html>
http://www.fisikaonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=72:gaya-dan-hukum-newton&catid=14:suhu&Itemid=90.
- Muin, Syamsir A., 1997, *Pesawat – Pesawat Pengangkat*, PT. Raja GrafindoPersada, Jakarta.
- Rostiyanti, Susi Fatena, 2002, *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
- Rudenko, 1996, *Mesin Pengangkat*, Terj. Foad, Nazar, Erlangga, Jakarta.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Kekuatan Rangka Mini Crane Portable Kapasitas 1 Ton.

Nama : M. Azhar Sahril Damanik
NPM : 1207230173

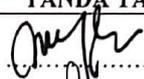
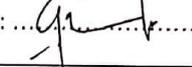
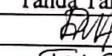
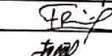
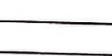
Dosen Pembimbing 1 : Muhammad Yani, S.T., M.T
Dosen Pembimbing 2 : H. Muharnif M, S.T., M.Sc

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
	20-09-2018	- Spesifikasi Tugas T. A - Perbaiki Latar Belakang Bab 1	
	15-10-2018	- Tambahkan Keterangan Ttg Analisa yang bekerja pada Rangka dan Lengan Crane	
	17-11-2018	- Bab III Tambahkan keterangan	
	28-11-2018	- Bab III Tambahkan keterangan Gambar. - Bab. III Sudah ok. Lanjut ke pembimbing II	
	10-02-2019	- Tambahkan Rumus	
	11-02-2019	- Tambahkan Perhitungan	
	14-02-2019	- Tambahkan Gambar Perhitungan	
	14-02-2019	- Aca Untuk Seminar	

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

Peserta seminar

Nama : M.Azhar Sahril DMK
 NPM : 1207230173
 Judul Tugas Akhir : Analisa Kekuatan Rangka Mini Crane Portable kapasitas
 1 Ton.

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: M.Yani.S.T.M.T	:	
Pembimbing – II	: H.Muharnif.S.T.M.Sc	:	
Pemanding – I	: Munawar A Siregar.S.T.M.T	:	
Pemanding – II	: Chandra A Siregar.S.T.M.T	:	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230280	Dicard Ibrahimizar Xiasution	
2	1407230090	Fachror ROza	
3	1507230277	Fariq Abdallah	
4	1407230070	Tyo Fransyoto	
5	1307230275	Bambang Katresnan	
6	1307230262	Arie Indra Wiranegara	
7	1307230299	Abdi Saputra	
8			
9			
10			

Medan, 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Ka.Prodi Teknik Mesin


Affandi.S.T.M.T

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

NAMA : M.Azhar Sahril DMK
NPM : 1207230173
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Rangka Mini Crane Portable Kapasitas 1 Ton.

Dosen Pembimbing - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen pembanding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembanding - II : Chandra A Siregar.S.T.M.T

KEPUTUSAN

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

catuai penulisan dan carum Saat
Seminar Kergin

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :
.Ka..Prodi T. Mesin


Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding - I


Munawar A Siregar.S.T.M.T

:

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

NAMA : M.Azhar Sahril DMK
NPM : 1207230173
Judul T.Akhir : Analisa Kekuatan Rangka Mini Crane Portable Kapasitas 1 Ton.

Dosen Pembimbing - I : M.Yani.S.T.M.T
Dosen Pembimbing - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc
Dosen pembeding - I : Munawar A Siregar.S.T.M.T
Dosen Pembeding - 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 buku tugas akhir
.....
.....
.....
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :

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

Medan 04 Rajab 1440 H
09 Maret 2019 M

Diketahui :
.Ka..Prodi T. Mesin



Dosen Pembeding - II

[Handwritten signature]
Chandra A Siregar, ST.MT
~~H.Muharnif.S.T.M.Sc~~

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama	: M. AZHAR SAHRIL DAMANIK
NPM	: 1207230173
Tempat/ Tanggal Lahir	: Baja Dolok 4 November 1994
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Agama	: Islam
Status	: Belum Menikah
Alamat	: Nagaraja, Baja Dolok
Kecamatan	: Sipispis
Kabupaten	: Serdang Bedagai
Provinsi	: Sumatera Utara
Nomor HP	: 0853-9184-4352
E-mail	: mazhardamanik@gmail.com
Nama Orang Tua	
Ayah	: SOFYAN MANSUR DAMANIK
Ibu	: FATMAWATI PURBA

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

2000-2006	: SD NEGRI NO 104333 SIPISPIS SERDANG BEDAGAI
2006-2009	: SMP TAMAN SISWA NAGARAJA SIPISPIS
2009-2012	: SMK SWASTA TI DIPANEGARA TEBING TINGGI
2012-2019	: Mengikuti Pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.