

PERANCANGAN PESAWAT ANGKAT (*GANTY CRANE*) KAPASITAS 500 KG

DESIGN OF A GANTY CRANE CAPACITY 500 KG

¹Joni Arif, ²Gifran Septian, ³Erwinda Fenty Anggraeni, ⁴Achmad Amar Maulana,
⁵Satrio Pratama Dirgantoro

^{1,2,3}*Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang Serang Kota Serang
Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten
Email:dosen03029@unpam.ac.id*

ABSTRAK

Peralatan pengangkat dewasa ini sangat beragam baik bentuk model maupun fungsinya, hal ini disebabkan oleh kemajuan teknologi. Proses pemindahan barang kesuatu tempat yang relative berat masih langsung di angkat dengan tenaga manusia, sehingga hanya akan memperlambat proses kerja produksi, waktu, tenaga dan bisa menimbulkan rawan kecelakaan, seperti memindahkan mesin produksi ke area gudang atau workshop. Maka dari kendala yang ada direncanakanlah pesawat pengangkat *Gantry* yang simpel dan sederhana dengan kapasitas yang tidak terlalu besar, yaitu *Gantry Crane* dengan kapasitas angkat ± 500 kg. Alat ini dioperasikan dilantai di dalam ataupun di luar ruangan dan mudah digunakan. Berdasarkan spesifikasi alat ini besi baja (*I beam*) sebagai jembatan dengan panjang 4 meter dan dimensi 160 x 74 x 6,3 x 9,5 mm, 4 kaki penyangga samping dengan panjang 2,9 meter (*steel pipe*) $\varnothing 4"$, 2 penyangga bawah (*hollow pipe*) dengan panjang 1,7 meter dan dimensi 100 x 100 x 4,5 mm, tinggi total *gantry crane* 3,3 meter, *hoist crane* kapasitas 600 kg dan 4 buah roda jenis (*nylon*) $\varnothing 8"$. Dengan tegangan yang terjadi pada I beam adalah 1,6 kgf/mm² lebih kecil dari tegangan izin 2,5 kgf/mm² sehingga kontruksi dapat dikatakan aman. Defleksi yang terjadi pada I beam adalah 0,7 mm sangat aman dengan rasio kelangsingan 0,7 mm < 5,7 mm.

Kata Kunci : *kemajuan teknologi, Gantry Crane, proses kerja produksi, rasio*

ABSTRACT

Today's lifting equipment is very diverse in both model form and function, this is due to advances in technology. The process of moving goods to a place that is relatively heavy is still lifted directly with human power, so it will only slow down the production work process, time, energy and can cause accidents, such as moving production machines to warehouse or workshop areas. So, based on the existing constraints, a simple and simple Gantry lifting aircraft with a capacity that is not too large was planned, namely a Gantry Crane with a lifting capacity of ± 500 kg. This tool is operated on the floor indoors or outdoors and is easy to use. Based on the specifications of this tool, it is steel (I beam) as a bridge with a length of 4 meters and dimensions of 160 x 74 x 6.3 x 9.5 mm, 4 side support legs with length 2.9 meters (steel pipe) $\varnothing 4$, 2 bottom supports (hollow pipe) with a length of 1.7 meters and dimensions 100 x 100 x 4.5 mm, total height of gantry crane 3.3 meters, hoist crane capacity 600 kg and 4 wheels (nylon) $\varnothing 8$. With the stress that occurs in the I beam being 1.6 kgf/mm², it is smaller than the permissible stress of 2.5 kgf/mm² so the construction can be said to be safe. The deflection that occurs in the I beam is 0.7 mm which is very safe with a slenderness ratio of 0.7 mm < 5.7 mm.

Keywords: *technological progress, Gantry Crane, production work process, ratio*

I. LATAR BELAKANG

Menarik dan mengangkat muatan telah di kerjakan manusia sejak zaman dahulu hingga di temukannya roda. Orang - orang pada zaman dahulu berkerja sama untuk memindahkan beban atau muatan yang berat. Selain itu juga hewan seperti gajah, kuda digunakan untuk

membantu manusia memindahkan muatan yang berat. Transportasi jarak jauh atau sedang merupakan faktor yang sangat penting saat ini sebagai sarana untuk mengangkut barang-barang yang dibutuhkan oleh manusia, untuk mengangkut barang dalam jumlah yang banyak dengan rentang waktu yang cukup. Perancangan gantry crane dengan kapasitas 500 kg merupakan langkah penting dalam proses pengangkatan material, terutama dalam industri manufaktur, konstruksi, dan perakitan. Gantry crane digunakan untuk memudahkan pemindahan beban secara horizontal dan vertikal dengan aman dan efisien. Perancangan ini memerlukan pertimbangan yang cermat terhadap faktor keselamatan, efisiensi, dan biaya. Di butuhkan suatu wadah atau tempat untuk menjaga agar kualitas dan kuantitas, dan keamanan barang tetap terjaga. Sehubungan dengan itu maka dibutuhkan pesawat pengangkat yang dapat mengangkat dan memindahkan barang dari tempat satu ke tempat yang lain dengan gerakan mobilitas yang baik dan aman, dimana pesawat pengangkat ini dapat memindahkan barang secara efisien, dan yang paling banyak di gunakan pada industri, gudang atau whorkshop ialah *Gantry Crane*. Terdapat bagian-bagian utama gantry crane, yang setiap bagiannya mempunyai mekanisme tersendiri, diantara bagian-bagian utamanya yaitu:

1. *I beam (girder)*
2. *Gantry construction*
3. *Hoist crane*
4. *Trolley (caster)*

Kebutuhan akan alat angkat dengan kapasitas tertentu sering kali muncul dalam skala industri kecil dan menengah. Gantry crane dengan kapasitas 500 kg sangat ideal untuk digunakan dalam bengkel, pabrik, atau gudang yang memerlukan pemindahan material dengan berat menengah, seperti komponen mesin, material konstruksi, atau peralatan berat lainnya. Dengan desain yang sederhana namun kuat, gantry crane ini dapat dioperasikan secara manual atau otomatis, sesuai dengan kebutuhan lapangan. Namun, perancangan gantry crane tidak hanya tentang kemampuan mengangkat beban, tetapi juga menyangkut aspek keamanan, stabilitas, dan efisiensi energi. Penggunaan material yang tepat, desain struktur yang kokoh, serta pemilihan sistem penggerak yang andal menjadi faktor penting dalam menjamin kelancaran operasional alat ini. Selain itu, pemenuhan standar keselamatan

kerja juga menjadi prioritas utama dalam proses perancangan. Oleh karena itu, penelitian dan perancangan gantry crane kapasitas 500 kg ini bertujuan untuk menciptakan sebuah alat angkat yang memenuhi kebutuhan industri skala menengah dengan tetap memperhatikan efisiensi biaya, kemudahan operasional, dan standar keselamatan yang tinggi. Perancangan ini juga diharapkan dapat memberikan solusi bagi perusahaan yang membutuhkan peralatan pengangkat yang fleksibel, portabel, dan dapat diandalkan untuk mendukung proses produksi mereka.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode perancangan dan analisis teknis yang melibatkan beberapa tahapan untuk menghasilkan desain gantry crane yang optimal dengan kapasitas 500 kg. Adapun metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

A. Studi Literatur

Pada tahap awal, dilakukan studi literatur untuk mendapatkan informasi terkait konsep dasar, prinsip kerja, serta desain gantry crane. Literatur yang digunakan mencakup buku-buku teknik mesin, jurnal, dan standar internasional yang berkaitan dengan pesawat angkat, seperti American Society of Mechanical Engineers (ASME) dan International Organization for Standardization (ISO). Studi ini memberikan landasan teoritis untuk memahami elemen-elemen penting dalam desain gantry crane, seperti struktur rangka, pemilihan material, dan sistem penggerak.

B. Identifikasi Kebutuhan

Tahap ini melibatkan analisis kebutuhan operasional pengguna terhadap gantry crane. Kebutuhan pengguna dianalisis berdasarkan kapasitas beban, ruang kerja, dan kondisi lingkungan operasional. Informasi ini diperoleh dari survei lapangan dan wawancara dengan pengguna di industri yang memerlukan pesawat angkat dengan kapasitas 500 kg. Identifikasi kebutuhan ini akan menjadi dasar dalam penentuan spesifikasi teknis alat.

C. Perancangan Awal

Setelah mendapatkan data kebutuhan, tahap selanjutnya adalah membuat desain awal (preliminary design) menggunakan perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD) seperti Autodesk Inventor atau SolidWorks. Perancangan meliputi desain

rangka utama, balok utama (girder), kolom penyangga, dan sistem roda serta rel. Pada tahap ini, dilakukan juga pemilihan material yang sesuai dengan kapasitas beban, seperti baja struktural (S45C) atau baja karbon rendah yang memiliki kekuatan tinggi dan mudah difabrikasi.

D. Analisis Struktural

Setelah desain awal selesai, dilakukan analisis struktural menggunakan perangkat lunak analisis elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA) untuk menguji kekuatan dan kestabilan struktur gantry crane. Analisis ini bertujuan untuk menghitung tegangan, regangan, momen lentur, gaya geser, dan deformasi yang terjadi pada komponen utama ketika beban maksimal diaplikasikan. Hasil analisis ini digunakan untuk menentukan apakah desain memenuhi syarat keamanan atau perlu modifikasi lebih lanjut.

E. Simulasi Dinamis

Selain analisis statis, simulasi dinamis dilakukan untuk menguji performa sistem penggerak crane, baik yang manual maupun otomatis (dengan motor listrik). Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi efisiensi pengangkatan beban, kecepatan pengangkatan, serta kestabilan alat selama proses pengangkatan dan pemindahan. Pada tahap ini juga dilakukan analisis terhadap sistem rem dan keselamatan alat selama dioperasikan.

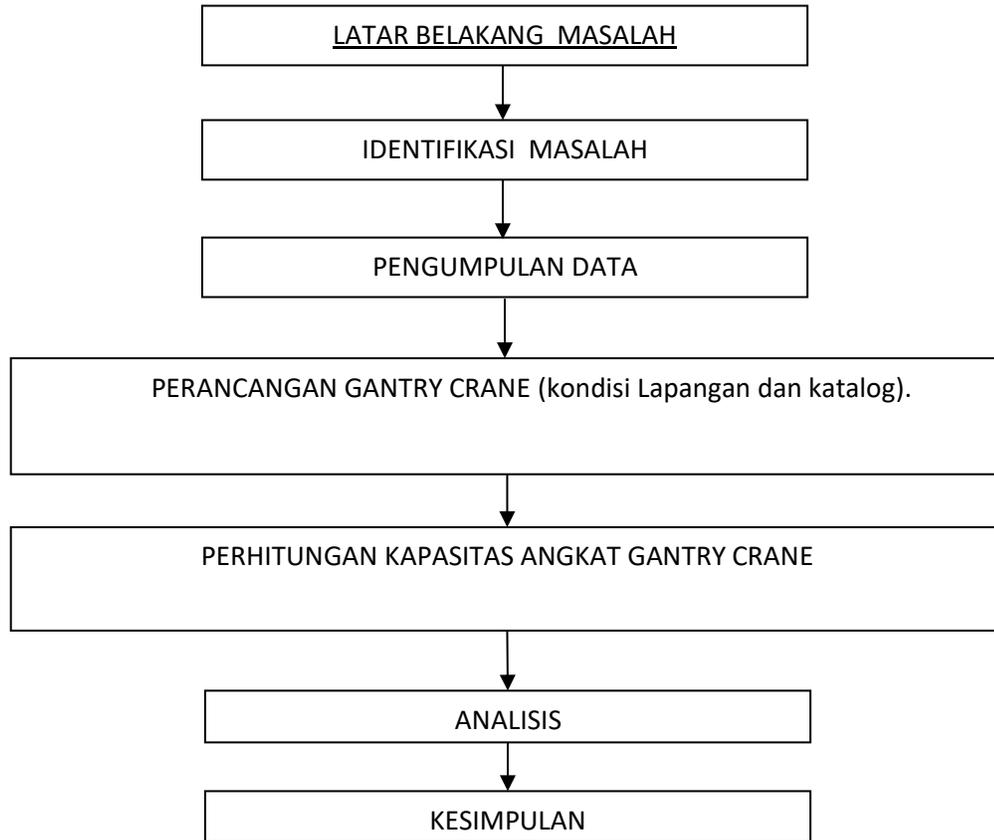
F. Fabrikasi dan Pengujian Prototipe

Setelah desain disetujui, proses fabrikasi prototipe dilakukan. Tahap ini meliputi pembuatan komponen, perakitan, dan pemasangan seluruh bagian gantry crane. Setelah fabrikasi selesai, pengujian prototipe dilakukan untuk memastikan bahwa alat berfungsi sesuai dengan desain dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan dengan mengangkat beban hingga kapasitas maksimal dan memeriksa kestabilan, keausan komponen, serta efisiensi operasional.

G. Evaluasi dan Penyempurnaan Desain

Berdasarkan hasil pengujian, evaluasi dilakukan untuk melihat apakah ada aspek desain yang perlu diperbaiki atau disempurnakan. Jika ditemukan kekurangan dalam performa atau keamanan, maka modifikasi desain dilakukan, diikuti dengan pengujian

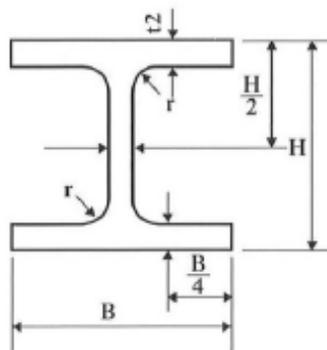
ulang hingga alat dinyatakan layak digunakan, terlihat pada gambar 1, diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk perancangan *Gantry Crane* dimensi *I beam* berpedoman pada standar dimensi (*catalog*) yang sudah ada, hanya panjangnya saja yang berbeda karena dirancang sesuai kebutuhan yaitu 160X74X6,3X9,5.



Gambar 2. H beam

A. Defleksi maksimal akibat gaya berat girder

$$\delta' = \frac{Gt \cdot 5 \cdot l^3}{E \cdot I \cdot 384}$$

Dimana :

Gt = Berat girder (716 N)

E = Modulus elastisitas (220000)

I = Momen inersia I beam

l = Panjang I beam (4000mm)

Momen Inersia (I) beam :

$$I_{xx} = \frac{BH^3 + bh^3}{12} = \frac{74.160^3 + 56.6,3^3}{12} = 25259833 \text{ mm}^4$$

Sehingga :

$$\delta' = \frac{716 \cdot 5 \cdot 4000^3}{220000 \cdot 25259833 \cdot 384} = 0,10 \text{ mm}$$

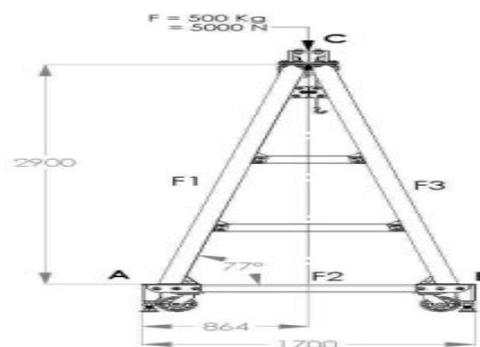
Defleksi maksimum akibat beban gerak P :

$$\begin{aligned} \delta'' &= \frac{P}{48 \cdot E \cdot I} (l - b) \{l^2 + (l + b)^2\} \\ &= \frac{1267}{48 \cdot 220000 \cdot 25259833} (4000 - 110) \{4000^2 + (4000 + 110)^2\} \\ &= 0,6 \text{ mm} \end{aligned}$$

Defleksi total yang terjadi pada I beam (girder) :

$$\begin{aligned} \delta &= \delta' + \delta'' \\ &= 0,10 + 0,6 \\ &= 0,70 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tekukan yang terjadi pada pipa dengan kedua ujung bertumpu jepit :



Gambar 3. Tekukan

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot EI}{L^2}$$

Dimana :

F_{cr} = Beban kritis yang dapat memulai terjadinya tekukan (N)

E = Modulus elastistas Young (MPa)

I = Inersia minimum penampang lintang batang (mm^4)

L = Panjang batang (mm)

Sehingga :

$$F_{CR} = \frac{3,14^2 \cdot 220000 \cdot 1611561}{2960^2} = 398974 \text{ N}$$

Gaya yang terjadi pada tiap batang :

Beban yang diberikan tepat ditengah sebesar 5000 N, sehingga beban didistribusikan ke tumpuan masing - masing sebesar 2500 N.

$$\begin{aligned} RAV &= 2500 \text{ N} & RBV &= 2500 \text{ N} & RAH &= 0 \\ -\Sigma V &= 0 & \Sigma H &= 0 & \Sigma V &= 0 \\ RAV + F1 \sin 77 &= 0 & RAH + FA + F1 \cos 77 &= 0 & RBV + F3 \sin 77 &= 0 \\ 2500 &= -F1 \sin 77 & 0 + F2 &= F1 \cos 77 & 2500 &= -F3 \sin 77 \\ -F1 &= 2500/\sin 77 & F2 &= (-2577 \cos 77) & -F3 &= 2500/\sin 77 \\ F1 &= -2577 \text{ N} & F2 &= 566 \text{ N} & F3 &= -2577 \text{ N} \end{aligned}$$

B. Motor Hoist

Dengan asumsi berat beban yang akan diangkat $\pm 500 \text{ kg}$, maka dalam perancangan *Gantry Crane* ini menggunakan motor *hoise* model PALW-1176, dengan daya angkat 360 kg - 600 kg, dengan ukuran tali baja atau *wire rope* $\varnothing 9 \text{ mm}$, kecepatan angkat 1,5 m / min, *rating motor* 415 volt 3 ph.

Tabel 4.3 Katalog motor *hoist*

| MODEL | | GRADIENT % incline / angle in degrees | | | | |
|------------|--|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 10%/6° | 20%/11° | 40%/22° | 60%/31° | 80%/39° |
| 1176-14047 | | 1200 | 800 | 600 | 480 | 420 |
| 1176-14048 | | 1600 | 1200 | 800 | 620 | 550 |
| 1176-14049 | | 2000 | 1500 | 1000 | 775 | 700 |

1. All ratings are based on the top layer. For each layer reduction on the drum, pulling capacity is increased by 10%
 2. Use a snatch block for double line operation, to increase line pull by approximately 85%.
 3. The pulling capacities are based on a free rolling load and 15% has been allowed for friction (specific applications will vary).

| Model | Lifting capacity kg wire rope top layer | Lifting speed m/min. approx. | | Motor rating 415v 3ph | | Maximum lifting height drum capacity m | Wire rope \varnothing mm x standard m | Net weight kg including wire rope | Drum dimension mm | | |
|------------|---|------------------------------|-----------|-----------------------|-------|--|---|-----------------------------------|-------------------|----------|------------|
| | | first layer | top layer | kw / amp | poles | | | | Length | Drum Dia | Flange Dia |
| 1176-14047 | 400 | 23 | 30 | 2.2 / 4.5 | 2 | 60 | 9 x 38 | 120 | 240 | 140 | 280 |
| 1176-14048 | 600 | 12 | 15 | 1.5 / 3.5 | 4 | 60 | 9 x 38 | 120 | 240 | 140 | 280 |
| 1176-14049 | 600 | 7.8 | 10.5 | 1.5 / 3.5 | 6 | 60 | 9 x 38 | 120 | 240 | 140 | 280 |

Motor listrik, Tenaga mekanik :

$$W = F \cdot d$$

Dimana :

W = Tenaga mekanik dalam Joule (J)

F = Gaya (*force*) dalam Newton (N)

d = Jarak pemindahan benda dalam meter (M)

Untuk mengetahui F

$$F = m \cdot g$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 = 500 \cdot 9,8 = 4900 \text{ N} = 4900 \cdot 3 = 14700 \text{ Joule}$$

Putaran Drum

Vd (*drum*) : Vi (*pulley*)

$$Vi = \frac{z}{2} \cdot v$$

Dimana :

z = Jumlah tali (1)

v = Kecepatan angkat (1,5 m/menit)

Sehingga :

$$V = \frac{1}{2} \cdot 1,5 = 0,75 \text{ m/menit}$$

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{0,75}{\pi \cdot 0,14} = 1,70 \text{ rpm}$$

Rem

$$N_{br} = \frac{Q \cdot v \eta}{75}$$

Dimana :

Nbr = Daya pengereman (hp), (kW)

Q = Bobot muatan yang diangkat dan kait (kg)

v = Kecepatan benda yang digerakkan oleh elektro motor (m/s)

75 = Harga dalam 1 hp = 0,75 Kw

η = Efisiensi = 0,90

Sehingga :

$$N_{br} = \frac{500,5 \cdot 1,5 \cdot 0,90}{75} = 9,02 \text{ HP} = 6,76 \text{ KW}$$

Perhitungan Tali Baja dalam Tegangan yang diijinkan :

$$\sigma_a = \frac{\sigma_b}{S}$$

Dimana :

σ_a = Tegangan yang diizinkan (Kg/mm^2)

σ_b = *Tensile strength* material (Kg/mm^2)

150 kg / mm^2 (lihat tabel 2.2. kelas G tali baja menurut SNI)

S = Koefisien beban kejut

8 (tabel 2.11)

Sehingga :

$$\sigma_a = \frac{150}{8} = 18,75 \text{ Kg/mm}^2$$

Tegangan yang diijinkan untuk tali baja $\varnothing 9$ mm adalah 18,75 kg/mm^2 .

Tegangan tarik tali :

$$A = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 4,5^2 = 63,5 \text{ mm}^2$$

Sehingga :

$$\delta t = \frac{F}{A}$$

Dimana :

δt = Tegangan tarik (Kg/cm^2)

A = Luas penampang (cm^2)

F = gaya tarik / beban (Kg)

$$\delta t = \frac{500}{63,5} = 7,8 \text{ Kg/mm}^2$$

Drum dalam Jumlah lilitan pada drum :

$$z = \frac{H \cdot i}{\pi \cdot D} + 2$$

Dimana :

i = Perbandingan sistem tali $z/2 = 1/2 = 0,5$

- D = Diameter drum
H = Tinggi angkat muatan
z = Jumlah lilitan

Sehingga :

$$z = \frac{3000 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 140} + 2 = 5 \text{ lilitan}$$

Pengait (*hook*)

Pada pemakaian pesawat pengangkat secara umum, beban yang memiliki berbagai macam bentuk dibawa oleh *wire rope* yang dipasangkan dengan kait (*hook*). Jenis yang digunakan secara umum adalah standar (*single*), sedangkan dalam penulisan ini yang digunakan adalah jenis *single*.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Perancangan dan pembuatan mesin pengangkat *Gantry Crane* kapasitas 500 kg merupakan rangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, dan penyusunan *spesifikasi* alat, yang berdasarkan data dan informasi aktual yang diperoleh dari internet dan buku - buku referensi lainnya. Beberapa hal yang dapat disimpulkan, hasil dari melakukan proses perancangan pesawat angkat *Gantry Crane* kapasitas 500 kg, diantaranya :

1. Ukuran dan jenis material yang digunakan dalam perancangan mudah diperoleh, karena berdasarkan pada katalog dan informasi material yang tersedia dipasaran.
2. Dengan menggunakan metode mesin pengangkat, maka proses pengangkatan barang atau mesin dari area produksi ke gudang atau workshop lebih mudah,
3. Dengan memperhitungkan faktor teknis, dari beberapa komponen *Gantry Crane* kapasitas 500 kg, diantaranya tegangan yang terjadi pada *I beam* adalah 1,6 kgf/mm² lebih kecil dari tegangan izin yaitu 2,5 kgf/mm² sehingga konstruksi *Gantry Crane* aman. Beban kritis pada colom pipa penyangga *beam* adalah 398974 N, sehingga *Gantry Crane* aman digunakan. Dan defleksi yang terjadi pada *I beam* adalah 0,7 mm dengan rasio kelangsingan 0,7 < 5,7 mm sehingga alat yang dirancang aman saat dioperasikan.

4. Dengan dibuatnya alat pengangkat *Gantry Crane* kapasitas 500 kg, diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan keamanan kerja yang lebih baik.

B. SARAN

1. Peningkatan Keamanan dan Standar Keselamatan Dalam merancang gantry crane, sangat penting untuk selalu memprioritaskan keamanan operasional. Disarankan untuk mengadopsi sistem pengaman tambahan seperti sensor beban otomatis untuk mencegah kelebihan kapasitas dan rem darurat yang dapat menghentikan pergerakan crane saat terjadi kondisi tidak stabil. Selain itu, sertifikasi dari badan standar internasional seperti ASME atau ISO sangat dianjurkan agar crane dapat digunakan sesuai dengan regulasi yang berlaku.
2. Pemilihan Material yang Lebih Efisien Meskipun baja struktural adalah pilihan material yang umum, disarankan untuk mempertimbangkan alternatif material yang lebih ringan tetapi tetap kuat, seperti baja paduan atau aluminium khusus, untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya perawatan. Penggunaan material dengan sifat anti-korosi juga sangat direkomendasikan untuk aplikasi di lingkungan luar ruangan atau lingkungan dengan kelembapan tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya Ucapkan Kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang kampus Serang, rekan-rekan dosen dan mahasiswa yang telah membantu dan serta Tim peneliti dari Teknik Mesin dan Semua Pihak yang sudah berperan aktif dan sudah berkontribusi dan mendukung baik secara moral ataupun material

DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar, Ahmad Dony Mutiara, And Nila Nurlina. "Ancang Bangun Prothotype Mesin Bucket Conveyor Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Mesin Pemindah Bahan." *Jurnal Teknik Mesin* 6.1 (2017).
- Garsida, Annisa Kesya, Fitra Risaldi, And Shanty Kusuma Dewi. "Perancangan Belt Conveyor Sebagai Alat Material Handling Pada Terminal Peti Kemas Surabaya." *Buletin Profesi Insinyur* 2.2 (2019): 69-75.

- Lilalamin, Mochamad. *Perhitungan Dan Penentuan Motor Pada Sistem Kerja Mesin Pemadat Sampah Plastik Otomatis*. Diss. Universitas Mercu Buana Jakarta, 2018.
- Limbong, Jaminan B., And Alfian Hamsi. "Studi Kasus Audit Maintenance Mesin Pemindah Bahan Pada Scraper Conveyordan Excavator Hydraulic Di Pabrik Kertas (Pulp) Pt. Toba Pulp Lestari, Tbk." *Jurnal E-Dinamis 9.1 (2014): 19 20 (2014)*.
- Nadeak, Rinaldi Bernandus. "Perencanaan Hoisting Crane Dengan Daya Angkat 5 Ton Pada Stasiun Rebusan (Sterilizer) Pabrik Kelapa Sawit (Pks)." *Jurnal Teknologi Mesin Uda 3.1 (2022): 102-116*.
- Panggabean, Tamaria. "Desain Dan Kinerja Mesin Pemindah Bahan Pada Sistem Pengering Efek Rumah Kaca (Erk)-Hybrid Dan In-Store Dryer (Isd) Terintegrasi Untuk Biji Jagung." (2008).
- Rafli, Muhamad. "Pengaruh Tata Letak, Material Handling Equipment Dan Warehouse Management System Terhadap Efektivitas Pengelolaan Gudang." *Jurnal Bisnis, Logistik Dan Supply Chain (Blogchain) 2.2 (2022): 78-84*.
- Rantawi, Azhar Basyir. "Perancangan Unit Transfer (Screw Conveyor) Pada Mesin Pengisi Polibag Untuk Meningkatkan Efektivitas Kinerja Di Bidang Pembibitan." *Jurnal Citra Widya Edukasi 5.1 (2013): 60-67*.
- Silalahi, Freddy. *Studi Kasus Audit Maintenance Mesin Pemindah Bahan Pada Belt Conveyor Dan Wheel Loader Di Pabrik Kertas (Pulp) Pada Pt. Toba Pulp Lestari, Tbk*. Diss. Universitas Sumatera Utara, 2013.
- Wijaya, Ambrosius Vitoaji Kepra. *Perancangan Penambahan Peralatan Vakum Penggenggam Material Pelat Baja Pada Meja Mesin Trulaser 3030 L49 Fiber Dengan Motor Servo*. Diss. Universitas Kristen Indonesia, 2022.