

# RANCANG BANGUN PROTOTIPE *OVERHEAD CRANE* KAPASITAS 20 KG DENGAN PENGONTROLAN BERBASIS *PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)*

Abd. Rani<sup>1</sup>, Bukhari<sup>2</sup>, Muhammad Razi<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur,  
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe  
Jl. Medan - Banda Aceh Km.280 Buketrata

\*Penulis Korespondensi: razi.pnl@pnl.ac.id

## Abstrak

Pada rancang bangun prototipe overhead crane ini peneliti telah merancang dan menguji prototipe berbasis PLC (*Programmable Logic Controller*) berdasarkan prinsip kerjanya. Dari analisa static yang dilakukan didapat tegangan tertinggi (maximum stress) prototipe overhead crane terletak pada roda dengan material stainless steel 304, yakni dengan nilai 69668312 N/m<sup>2</sup> atau 69,67 MPa. Sedangkan yield tensile strength dari stainless steel 304 yaitu 215 MPa. maka factor keamanan yang didapat yaitu 3,1, sehingga kontruksi *prototipe overhead crane* layak digunakan. Dan dari data yang didapat dari pengujian fungsional prototipe overhead crane dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar beban yang diangkat, maka kecepatan angkat semakin kecil dan kecepatan turun semakin besar. Sedangkan kecepatan gerakan transversal dan longitudinal tidak terjadi perubahan yang signifikan dan kecepatan yang didapat normal, dengan beberapa variasi beban yang telah diberikan.

**Kata kunci:** *Overhead crane, PLC, Prototype overhead crane, ladder diagram*

## 1 Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi banyak dikembangkan alat yang bertujuan untuk memudahkan pekerjaan manusia, serta dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi. Terutama untuk alat pengangkat, karena alat pengangkat adalah hal yang sangat penting untuk menunjang suatu pekerjaan, semakin berkembangnya industri semakin berkembang pula kebutuhan alat pengangkat mulai dari yang sederhana sampai yang menggunakan teknologi mesin otomatis [1]

Di Indonesia banyak sekali perusahaan, khususnya perusahaan industri alat berat yang didalam produksinya menggunakan peralatan pengangkat dengan bentuk dan kekuatan daya angkat yang disesuaikan dengan letak dan kebutuhan. Beberapa perusahaan yang memanfaatkan teknologi alat pengangkat dalam suatu pekerjaan antara lain: perusahaan bongkar muat pelabuhan, industri konstruksi bangunan gedung, industri reparasi pesawat terbang dan kereta api, industri otomotif dan masih banyak lagi. Salah satu sarana alat pengangkat yang banyak di jumpai di suatu industri adalah *Overhead Crane*.

*Overhead crane* merupakan suatu alat pemindah yang mempunyai struktur kerangka menyerupai jembatan yang ditumpu pada kedua ujung dengan roda-roda untuk berjalan sepanjang lintasan rel di atas lantai atau tumpuan yang

berfungsi untuk mengangkat, menurunkan dan memindahkan barang yang dapat digerakkan secara *vertikal* maupun *horizontal* yang bisa dioperasikan dengan manual dan dengan *Remote Control* (Otomatis). Dengan alasan lebih efisien, banyak perusahaan yang menggunakan *Overhead Crane* dengan sistem kendali otomatis untuk menunjang pekerjaan yang ada di perusahaan tersebut[2]

Rancang bangun prototipe *overhead crane* dengan pengontrolan berbasis *programmable logic controller* (PLC) ini dibuat sebagai sarana pembelajaran tentang mekanisme alat pengangkat otomatis yang banyak digunakan pada industri – industri saat ini, sehingga diharapkan mahasiswa dapat lebih mudah memahami sistem kerja alat pengangkat dan pengaplikasiannya didalam dunia industri.

### 1.2 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan dari penulisan ini dapat diuraikan dalam dua tujuan yaitu sebagai berikut:

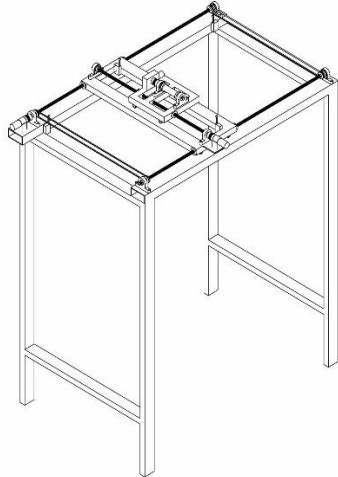
1. Dapat mendesain dan fabrikasi satu unit prototipe *overhead crane*
2. Dapat menganalisa kekuatan kontruksi dari prototipe *overhead crane* dengan menggunakan software CATIA-V5.
3. Dapat merencanakan proses produksi prototipe *overhead crane*.
4. Dapat menganalisa biaya produksi prototipe *overhead crane*.

5. Dapat melakukan uji fungsional prototipe *overhead crane*.

**2 Metode Pembuatan Alat**

**2.1 Desain Alat Menggunakan Software Catia**

Berikut gambar 2.1 adalah konstruksi alat *prototipe overhead crane* yang didesain dan akan dipabrikasi.



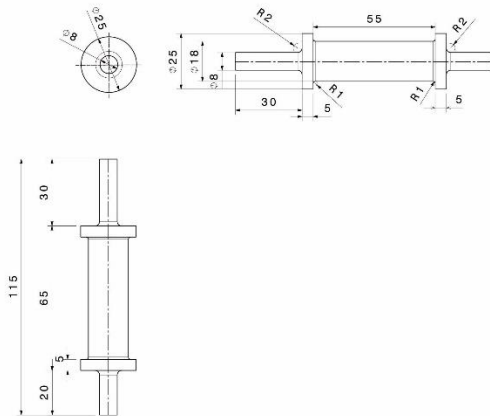
Gambar 2. 1 Konstruksi *Prototipe Overhead Crane*.

Adapun komponen-komponen yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Drum Penggulung

Desain drum penggulung seperti pada gambar 2.2 dibawah ini:

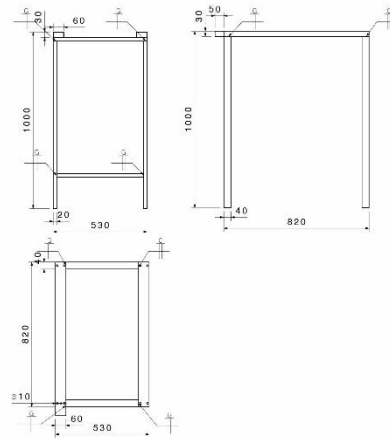
2.



Gambar 2. 2 Drum Penggulung

3. Rangka dan Lintasan Crane Untuk Bergerak Maju dan Mudur.

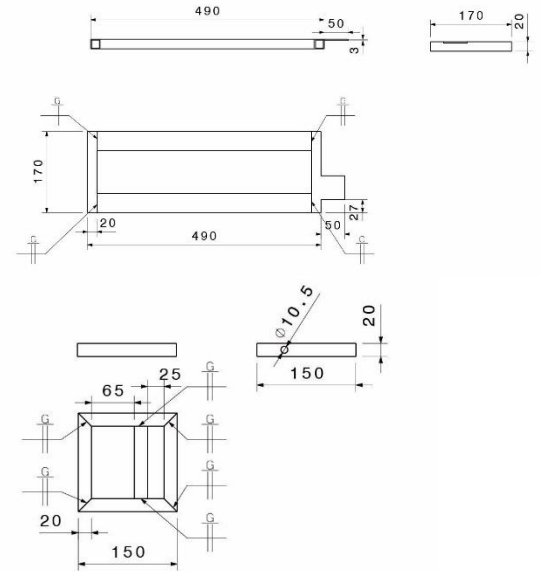
Desain rangka dan lintasan crane untuk bergerak maju dan mundur seperti pada gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2. 3 Rangka dan Lintasan *Crane*

4. Jembatan Palang Untuk Bergerak Kiri dan Kanan

Desain jembatan palang untuk bergerak kiri dan kanan seperti pada gambar 2.4 dibawah ini:



Gambar 2. 4 Jembatan Palang Untuk Bergerak Kiri dan Kanan

**2.2 Perakitan *Prototipe Overhead Crane***

Dalam proses perakitan *prototipe overhead crane* dimana komponen-komponen akan dirakit atau dipasang, seperti langkah-langkah perakitan dibawah ini:

1. Mempersiapkan alat perlengkapan kerja.
2. Mempersiapkan gambar kerja.

3. Melakukan proses pemasangan motor DC 12 V gearbox, shaft coupling, bearing duduk, lead screw, timing pulley dan timing belt, drum penggulung, dan roda, pada rangka sesuai dengan gambar kerja yang sudah ditentukan.
4. Melakukan perakitan rangkain PLC.

### 2.3 Analisis Statik *Prototype Overhead Crane*

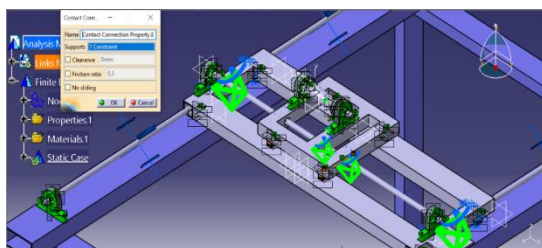
Dalam pengujian pembebanan prototype overhead crane penulis melakukan dengan pengujian analisis beban statis dengan menggunakan aplikasi CATIA-V5 untuk mengetahui nilai tegangan dan regangan, dari rangka yang diberi beban seperti dengan aslinya, yaitu 20 Kg Untuk pembebanan merata yang dipusatkan pada drum penggulung crane.

kemudian dari data nilai *deformation*, *Von Mises stress* dan *displacement* setelah pembebanan terjadi akan dianalisa apakah rangka tersebut layak atau tidak untuk digunakan sebagai rangka *prototype overhead crane*[3]

### 2.4 Prosedur analisa statik

#### 2.4.1 Langkah Pemberian *Contact Connection Property, Restraint Dan Load*

Suatu analisis statis dari assembly suatu produk haruslah memberikan *connection property* pada setiap kontak antara dua komponen yang berguna untuk mengetahui hubungan batasan antara dua komponen yang dicegah untuk saling menembus pada batas umum komponen tersebut. Posisi *contact connection property* dapat dilihat pada gambar 2.5 sebagai berikut:

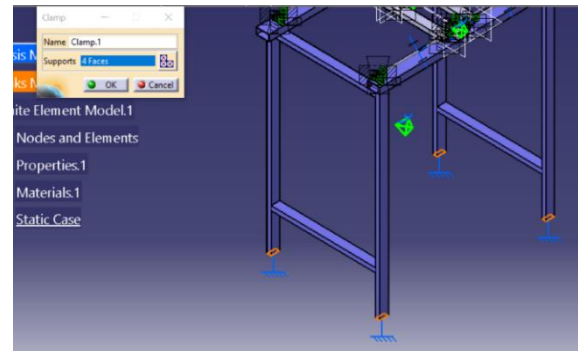


Gambar 2. 5 Posisi Contact Connection

Suatu analisis statis selalu terdapat bagian yang dianggap kaku (*fix*), bagian tersebut menjadi pemegang (*clamp*) dari struktur rangka. Bagian yang dianggap fix dapat berupa permukaan yang rata atau terikat dengan komponen lain. Penempatan posisi *clamp* sangat menentukan hasil analisa. Apabila salah dalam menentukan posisi *clamp*, dapat berakibat fatal bagi keamanan dari komponen yang digunakan setelah proses analisa. Untuk itu penentuan posisi *clamp* perlu diperhatikan lebih baik. Posisi *clamp* pada

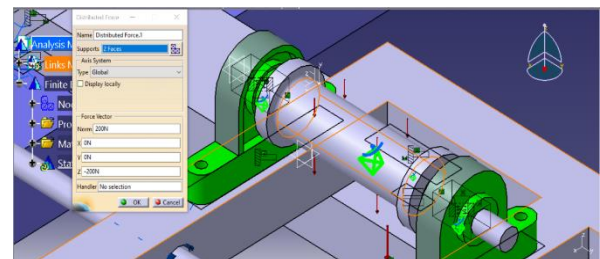
*prototype overhead crane* seperti terlihat pada gambar 2.6 sebagai berikut:

Pemberian beban yang dikenai terhadap *prototype*



Gambar 2. 6 Posisi *Clamp*

*overhead crane* dengan beban statik (terpusat). Beban yang diberikan adalah sebesar 20 kg atau 200 N untuk kapasitas beban angkat maksimum. dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2. 7 Pemberian Beban Maksimum

#### 2.4.2 Menampilkan Simulasi

Proses simulasi terdiri dari *deformation*, *Von Mises stress* dan *displacement*. Proses tersebut dapat ditampilkan setelah langkah-langkah sebelumnya selesai.

### 2.5 Perancangan ladder diagram

*Ladder Diagram* adalah metoda pemrograman yang umum digunakan pada PLC. *Ladder Diagram* merupakan tiruan dari logika yang diaplikasikan langsung oleh relay [4]

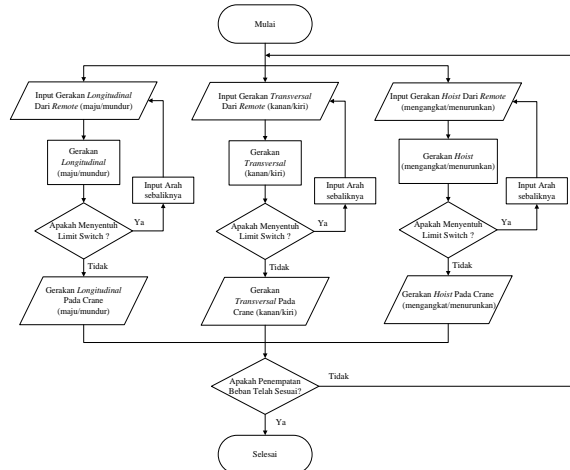
*ladder diagram* yang akan dirancang untuk instruksi mekanisme *longitudinal*, *transversal* dan *hoisting*. Dalam instruksi ini menggunakan prinsip *interlock*, apabila pada suatu mekanisme gerak telah beroperasi misalkan instruksi maju pada mekanisme longitudinal maka instruksi mundur tidak dapat diberikan karena adanya prinsip *interlock*, begitu pula untuk instruksi mekanisme gerak lainnya. Daftar I/O dan alamat *hardware* yang terintegrasi dengan PLC dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini:

Tabel 2. 1 Daftar I/O dan Alamat *Hardware* yang Terintegrasi Dengan PLC

No.	Hardware	Alamat	
		Input	Output
1	PB1 (maju)	S1	
2	PB2 (mundur)	S2	
3	PB3 (kiri)	S3	
4	PB4 (kanan)	S4	
5	PB5 (atas)	S5	
6	PB6 (bawah)	S6	
9	Relay 1 (kiri)		R1
10	Relay 2 (kanan)		R2
11	Relay 3 (kanan)		R3
12	Relay 4 (kiri)		R4
13	Relay 5 (kanan)		R5
14	Relay 6 (kiri)		R6

**2.6 Diagram Alir prinsip kerja modul *overhead crane*.**

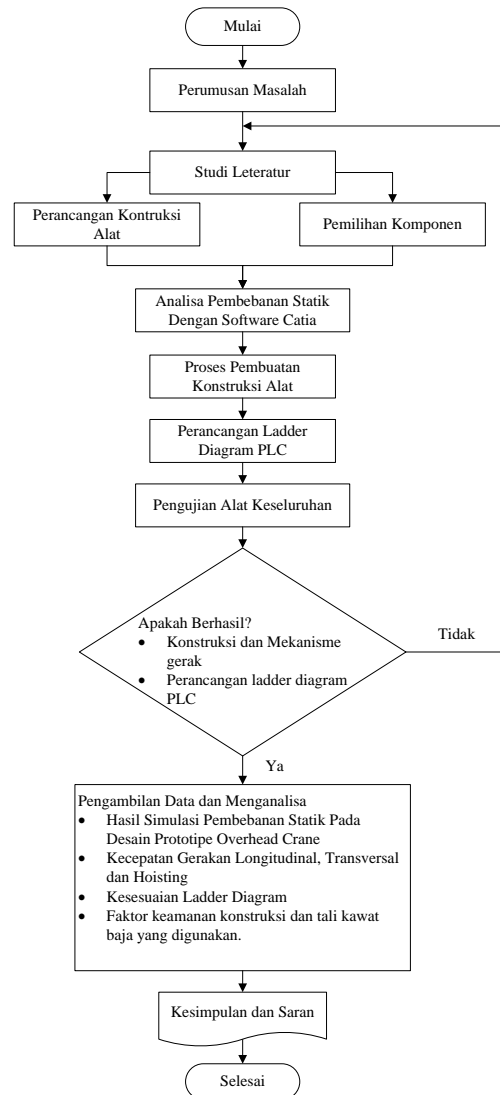
Berikut adalah diagram alir yang menjelaskan prinsip kerja *Prototipe Overhead crane* secara umum. Dapat dilihat pada gambar 2.8 sebagai berikut:



Gambar 2. 8 Diagram Alir Prinsip Kerja *Prototipe Overhead Crane*

**2.7 Diagram Alir Proses Rancang Bangun**

Tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam melakukan rancang bangun dan penyusunan tugas akhir dapat dilihat pada gambar 2.9 dibawah ini:



Gambar 2. 9 Diagram Alir Proses Rancang Bangun

**3 Hasil dan Pembahasan**

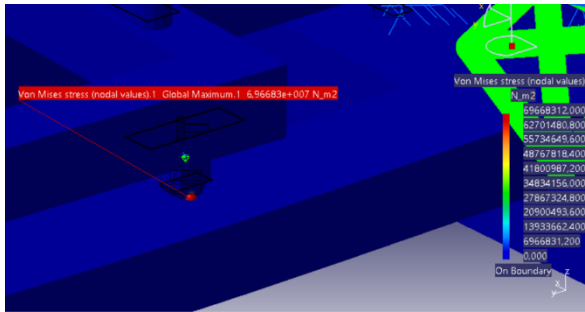
**3.1 Hasil simulasi Kekuatan Rangka Prototipe Overhead Crane**

Dari analisa static yang dilakukan pada desain *prototipe overhead crane* maka didapat hasil tegangan dan regangan yang terjadi pada *prototipe overhead crane* apabila dikenakan pembebanan sebesar 20 Kg.

**3.1.1 Menampilkan Simulasi**

Pembebanan pada yang terjadi pada *prototipe overhead crane* dengan massa total sebesar 20 kg mengakibatkan terjadinya gaya pembebanan sebesar 200N pada sumbu Z rangka, dengan arah vertikal kebawah menuju pusat bumi (negatif). Distribusi tegangan yang terjadi pada *prototipe overhead crane* digambarkan dengan warna yang bervariasi, warna biru melambangkan nilai tegangan yang terjadi pada rangka sangat kecil dan tidak akan membahayakan konstruksi *prototipe overhead crane*. Warna kuning hingga

merah melambangkan nilai tegangan yang cukup tinggi sehingga perlu untuk diwaspadai seperti terlihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3. 1 Tegangan Hasil Analisa Static

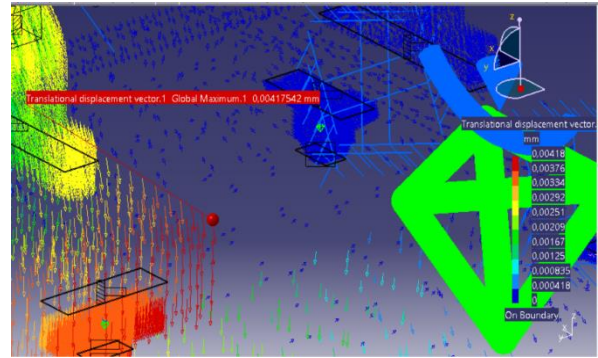
Berdasar hasil analisa dengan metode FEM, yang dilakukan dengan program CATIA V5 tegangan tertinggi (*maximum stress*) *prototipe overhead crane* terletak pada roda dengan material *stainless steel 304*, yakni dengan nilai  $69668312 N_m^{-2}$  atau 69,67 MPa seperti terlihat pada Gambar 3.1. Maka

$$\begin{aligned}
 \text{factor of safety } (\eta) &= \frac{S_y}{\sigma_e} \dots\dots\dots(2.1)[5] \\
 &= \frac{215 \text{ MPa}}{69,67 \text{ MPa}} \\
 &= 3,1
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan factor keamanan dari bagian kritis *prototipe overhead crane* maka di dapat angka factor keamanan sebesar 3,1. Maka berdasarkan hasil perhitungan tersebut, *Prototipe overhead crane* mampu untuk menahan beban 20 Kg.

**3.1.2 Regangan Pada Prototipe Overhead Crane**

Gaya pembebanan pada *prototipe overhead crane* menyebabkan terjadinya defleksi seperti terlihat pada Gambar 3.2. Area yang berwarna biru pada desain *prototipe overhead crane* menandakan bawasanya pergeseran yang terjadi dengan nilai yang relatif kecil. Area dengan warna merah menandakan bahwa area tersebut telah mengalami pergeseran dengan nilai yang cukup tinggi sehingga perlu perhatian khusus



Gambar 3. 2 Regangan Hasil Analisa Static

Dari hasil analisis menggunakan program CATIA V5 didapatkan nilai defleksi terbesar yang terjadi pada *prototipe overhead crane* yaitu sebesar 0.00418 mm. Lokasi pergeseran maksimum terletak pada bagian jembatan palang, yaitu area yang diidentifikasi dengan warna merah seperti terlihat pada Gambar 3.2. Nilai pergeseran ini sangat kecil dan tidak akan teridentifikasi secara visual. Nilai defleksi yang terjadi menunjukkan bahwa secara keseluruhan konstruksi *prototipe overhead crane* dalam keadaan baik, dan mampu menopang komponen-komponen di atasnya tanpa mengalami pergeseran yang berarti.

**3.2 Pengujian Fungsional**

Fungsi dari pengujian untuk mengetahui berfungsi atau tidaknya alat yang telah dirancang serta dibuat. Sebelumnya dilakukan pengecekan dan penyetulan dari komponen alat yang sudah dibuat dan dirakit. Pengecekan ini bertujuan untuk menghindari adanya kesalahan dalam pemasangan dari rancangan konstruksi *prototipe overhead crane* ini.

Pengujian fungsioanal yang dilakukan pada *prototipe overhead crane* ini yaitu dengan melakukan pengujian pada mekanisme gerak *longitudinal, transversal, dan hoisting*, dengan melakukan pengukuran kecepatan gerak pada saat tidak mengangkat beban dan pada saat mengangkat beban 20 Kg .

Adapun hasil yang didapat dari pengujian fungsional yang dilakukan yaitu dapat dilihat pada table 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Hasil Pengujian *Prototipe Overhead Crane*

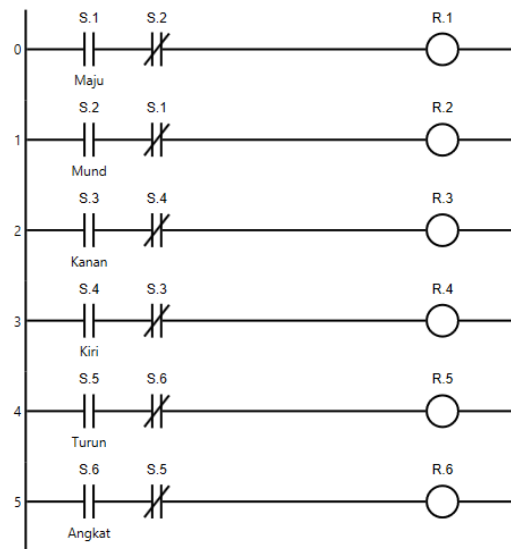
No	Arah	Beban	Jarak (cm)	Waktu (Detik)	(v=s/t) cm/s
1	Angkat	0 kg	30	77	0.39
2	Turun	0 kg	30	76	0.39
3	Kiri	0 kg	42	16	2.63
4	Kanan	0 kg	42	16	2.63

5	Maju	0 kg	70	33	2.12
6	Mundur	0 kg	70	31	2.26
No	Arah	Beban	Jarak (cm)	Waktu (Detik)	(v=s/t) cm/s
1	Angkat	5 kg	30	96	0.31
2	Turun	5 kg	30	76	0.39
3	Kiri	5 kg	42	16	2.63
4	Kanan	5 kg	42	16	2.63
5	Maju	5 kg	70	33	2.12
6	Mundur	5 kg	70	31	2.26
No	Arah	Beban	Jarak (cm)	Waktu (Detik)	(v=s/t) cm/s
1	Angkat	10 kg	30	112	0.27
2	Turun	10 kg	30	74	0.41
3	Kiri	10 kg	42	16	2.63
4	Kanan	10 kg	42	17	2.47
5	Maju	10 kg	70	33	2.12
6	Mundur	10 kg	70	32	2.19
No	Arah	Beban	Jarak (cm)	Waktu (Detik)	(v=s/t) cm/s
1	Angkat	15 kg	30	137	0.22
2	Turun	15 kg	30	72	0.42
3	Kiri	15 kg	42	17	2.47
4	Kanan	15 kg	42	16	2.63
5	Maju	15 kg	70	33	2.12
6	Mundur	15 kg	70	32	2.19
No	Arah	Beban	Jarak (cm)	Waktu (Detik)	(v=s/t) cm/s
1	Angkat	20 kg	30	163	0.18
2	Turun	20 kg	30	71	0.42
3	Kiri	20 kg	42	16	2.63
4	Kanan	20 kg	42	17	2.47
5	Maju	20 kg	70	33	2.12
6	Mundur	20 kg	70	32	2.19

Dari data yang didapat dari pengujian fungsional *prototipe overhead crane* dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar beban yang diangkat, maka kecepatan angkat semakin kecil dan kecepatan turun semakin besar. Sedangkan kecepatan gerakan *transversal* dan *longitudinal* tidak terjadi perubahan yang signifikan dan kecepatan yang didapat normal, dengan variasi beban yang telah diberikan.

### 3.3 Pengujian Ladder Diagram PLC

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kesesuaian dari *ladder diagram* terhadap mekanisme gerak pada alat. Pengujian dilakukan dengan mode simulasi menggunakan *software Outseal Studio*, kemudian dilakukan pengujian pada alat secara langsung.



Gambar 3. 3 Ladder Diagram PLC

Pada gambar 3. 3 merupakan *ladder diagram* untuk instruksi mekanisme *longitudinal*, *transversal* dan *hoisting*. Dalam instruksi ini menggunakan prinsip *interlock*, apabila pada suatu mekanisme gerak telah beroperasi misalkan instruksi maju pada mekanisme longitudinal maka instruksi mundur tidak dapat diberikan karena adanya prinsip *interlock*, begitu pula untuk instruksi mekanisme lainnya.

### 3.4 Daya untuk memutar drum mekanisme *hoisting*

Diketahui:

- Kecepatan angkat, (v) = 0,18 cm/detik = 0,108 m/menit
- Diameter drum (D) = 18 mm = 0,018 m
- Tegangan kawat (G) = 200 N

Penyelesain:

- Putaran drum (n) ialah:

$$\begin{aligned}
 n_{drum} &= \frac{4 \cdot v}{\pi \cdot D} \dots \dots \dots (3.1)[6] \\
 &= \frac{4 \cdot 0,108}{3,14 \cdot 0,018} \\
 &= \frac{0,432}{0,056} \\
 &= 7,7 \text{ rpm}
 \end{aligned}$$

- Momen torsi (T) ialah:

$$\begin{aligned}
 T &= G \cdot \frac{1}{2} D \dots \dots \dots (3.2)[6] \\
 &= 200 \cdot \frac{1}{2} (0,018) \\
 &= 1,76 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Pada *prototipe overhead crane* kapasitas 20 Kg ini membutuhkan torsi sebesar 1,76 Nm atau 17.9 Kg.cm lebih kecil dibandingkan torsi pada motor sebesar 20 Kg.cm.

- Daya yang dibutuhkan untuk memutar drum ialah:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{T.n}{9549} \dots\dots\dots(3.3)[6] \\
 &= \frac{1,76 \cdot 7,7}{9549} \\
 &= 0,0014 \text{ kw} \\
 &= 1,4 \text{ w}
 \end{aligned}$$

**3.5 Perhitungan beban kerja maksimum yang aman untuk tali kawat seling *prototipe overhead crane*.**

Untuk mencegah kegagalan tali kawat seling pada waktu digunakan, beban sebenarnya yang ditanggung harus sepersekian dari beban putus (*breaking load*). Untuk itu diperlukan, beban sebenarnya yang ditanggung harus sepersekian dari beban putus (*breaking load*). Untuk itu diperlukan factor keselamatan (*safety factor*) bagi tali kawat seling tersebut. (Zainuri, Ach. Muhib. (2010). [5]

Untuk mencari beban kerja maksimum yang aman dari kawat seling yang digunakan pada perancangan ini, dengan menggunakan rumus:

**Diketahui:**

- Beban Maksimum = 60 lb = 27 Kg
- Factor keamanan yang digunakan untuk kawat seling = 1,35

**Penyelesain:**

Beban kerja maksimum yang aman

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{kuat putus tali kawat}}{\text{faktor keselamatan}} \dots\dots\dots(3.4)[5] \\
 &= \frac{27 \text{ Kg}}{1.35} \\
 &= 20 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Pada perancangan *prototipe overhead crane* ini menggunakan factor keselamatan sebesar 1.35 lebih rendah dibandingkan factor minimum keselamatan untuk mengangkat barang yang diperbolehkan = 5. Dikarnakan jarak angkat yang ada pada *prototipe* ini tidak terlalu tinggi

sehingga apabila kawat seling putus maka efek yang ditimbulkan tidak terlalu membahayakan bagi operator dan lingkungan sekitar pengoperasian.

**4 Kesimpulan**

Dari hasil perancangan dan pengujian terhadap konstruksi dan system pengontrolan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan dan perakitan *prototipe overhead crane* berbasis PLC yang dilakukan berdasarkan prinsip konstruksi dan kerja dari *overhead crane* sesungguhnya
2. Dari analisa static yang dilakukan didapat tegangan tertinggi (*maximum stress*) *prototipe overhead crane* terletak pada roda dengan material stainless steel 304, yakni dengan nilai 696683120 *N.m<sup>2</sup>*. Sedangkan *yield tensile strength* dari stainless steel 304 yaitu 215000000 *N.m<sup>2</sup>*. maka factor keamanan yang didapat yaitu 3,1, sehingga kontruksi *prototipe overhead crane* layak digunakan.
3. Regangan yang paling besar terjadi dari hasil analisa sebesar 0.00418 mm, Lokasi pergeseran maksimum terletak pada bagian jembatan palang, Nilai pergeseran ini sangat kecil dan tidak akan teridentifikasi secara visual. Nilai defleksi yang terjadi menunjukkan bahwa secara keseluruhan konstruksi *prototipe overhead crane* dalam keadaan baik, dan mampu menopang komponen-komponen diatasnya tanpa mengalami pergeseran yang berarti.
4. Dari data yang didapat dari pengujian fungsional *prototipe overhead crane* dapat ditarik kesimpulan bahwa semakin besar beban yang diangkat, maka kecepatan angkat semakin kecil dan kecepatan turun semakin besar. Sedangkan kecepatan gerakan transversal dan longitudinal tidak terjadi perubahan yang signifikan dan kecepatan yang didapat normal, dengan beberapa variasi beban yang telah diberikan.
5. Beban kerja maksimum yang di dapat dari perhitungan SWL (*Safety Working Load*) kawat seling yang digunakan sebesar 9,8 Kg, dengan factor keselamatan sebesar 1.35.

**5 Daftar Pustaka**

[1] Kurniawan, A., Ahmad, F. S., & Erinofardi, E. (2014). *Analisa kekuatan struktur crane hook dengan perangkat lunak elemen hingga untuk pembebanan 20*

*Ton* (Doctoral dissertation, Universitas Bengkulu).

- [2] Aswardi, A., & Ihsan, B. (2016). Sistem Overhead Crane dengan *Wirakess* Control Menggunakan Android Berbasis Arduino.
- [3] Damayanti, L., & Ariatedja, J. B. (2019). Redesign Kerangka Box Body Mobil Pickup Multiguna Pedesaan Berbasis Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik ITS*, 8(1), E32-E36.
- [4] Sutanto, M. A. P. (2018). *Pendeteksi Kelembaban Dan Pengering Air Kristal Garam Hasil Dari Pembuatan Garam Berbasis Programmable Logic Controller (PLC)* (Doctoral Dissertation, Undip).
- [5] Rudenko, N. (1996). *Mesin Pengangkat*, Erlangga, Jakarta.
- [6] Zainuri, Ach. Muhib. (2010). *Mesin Pindah Bahan*, C.V Andi Offset. Yogyakarta.