

RANCANG BANGUN ELECTRIC CONTAINER CRANE SEBAGAI SARANA BONGKAR MUAT DI TERMINAL PETIKEMAS BERBASIS PLC OMRON CP1E

*(Design of Electric Container Crane As Loading and Unloading Equipment at Container
Terminals Based PLC OMRON CP1E)*

EDDO MAHARDIKA¹, RANDY ANDRIAN SUBIYANTO²,
& DWI SONGGO PANGGAYUDI

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Suabaya
Jalan Sutorejo No. 59 Surabaya

Email: eddo.hutama@gmail.com¹⁾ randyandrian2@gmail.com²⁾

ABSTRACT

Port is one of the supporting infrastructure of sea transportation which is the gateway to and out of goods and passengers. The function and role of the port is very important one of them is the container terminal. The container terminal is where loading and unloading of goods in containers. At the container terminal the length of loading and unloading process is determined by the quality and quantity of the tool. One of them is container crane. Therefore designed a container crane model in the form of a prototype named electric container crane. At the time of design is used Programmable Logic Controller (PLC) Omron brand CP1E-E20SDRA type as a safety controller and add a double trolley system so that container cranes can be flexible in 4 slots without gantry movement, and also add automatic cable track system so container crane can be Moving without the need for a portable generator because it is supplied directly using electricity from PLN.

Keyword: Container Crane, Programmable Logic Controller (PLC), Trolley, Gantry, Cable Track.

ABSTRAK

Pelabuhan adalah salah satu infrastruktur penunjang transportasi laut yang merupakan pintu gerbang keluar masuk barang dan penumpang. Fungsi dan peran pelabuhan sangat penting salah satunya adalah terminal petikemas. Terminal petikemas merupakan tempat bongkar muat barang dalam petikemas. Pada terminal petikemas lamanya proses bongkar muat ditentukan oleh kualitas dan kuantitas alat. Salah satunya adalah *container crane*. Oleh karena itu dirancang sebuah model *container crane* dalam bentuk prototype yang diberi nama *electric container crane*. Pada saat perancangan digunakan *Programmable Logic Controller (PLC)* merek Omron tipe CP1E-E20SDRA sebagai pengontrol keamanan dan menambahkan sistem *double trolley* supaya *container crane* dapat bergerak secara fleksibel sejauh 4 slot tanpa melakukan pergerakan *gantry*, serta menambahkan juga sistem *cable track* otomatis supaya *container crane* dapat bergerak tanpa memerlukan *generator* portabel karena disuplai langsung menggunakan listrik dari PLN.

Kata Kunci: Container Crane, Programmable Logic Controller (PLC), Trolley, Gantry, Cable Track.

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan adalah salah satu infrastruktur penunjang transportasi laut yang merupakan pintu gerbang keluar masuk barang dan penumpang. Fungsi dan peran pelabuhan sangat penting dalam mendukung sistem transportasi untuk pengembangan suatu wilayah salah satu-nya adalah terminal petikemas. Terminal peti-kemas sendiri merupakan salah satu fasilitas pelabuhan yang digunakan untuk proses bongkar muat barang dalam petikemas. Lamanya proses penumpukan petikemas bergantung pada beberapa faktor, salah satunya adalah kualitas dan kuantitas peralatan yang ada. Maka dari itu sejarah *Container Crane* dimulai.

Namun dari berbagai hasil industri pembuatan container crane belum bisa bergerak fleksibel. Maka dari itu pada penelitian ini penelitian ini dirancang sebuah model *Container Crane* untuk pengangkatan dan pemindahan Petikemas. Model *container crane* ini, dirancang dengan *double trolley* sehingga pergerakannya akan lebih fleksibel. Kemudian untuk *supply* tenaga listrik didesain menggunakan gulungan kabel otomatis sehingga seluruh kebutuhan *supply* listrik tidak lagi menggunakan sumber dari generator portable. Pada penelitian kali ini kali ini, digunakan motor DC sebagai penggerak dan kontrol sistem kendali pengamanya menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) ditambah *relay-relay* untuk pensaklaran.

2. TINJAUAN PUSTAKA

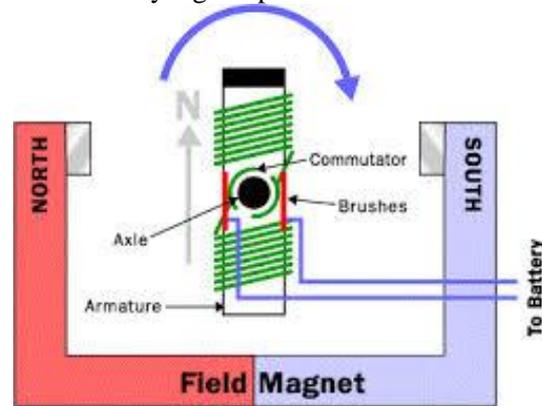
a. Pengertian Crane

Menurut Wijayanto dan Susatio (2012), menyatakan bahwa gantry crane adalah suatu alat yang digunakan untuk mengangkat atau memindahkan muatan berat dan banyak digunakan di pelabuhan untuk proses *loading-unloading container*.

b. Motor Listrik Arus Searah (DC)

Motor listrik arus searah adalah jenis motor listrik yang beroperasi dengan sumber tegangan arus listrik searah DC (*Direct Current*). Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana kita

ketahui bahwa kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama, tarik-menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

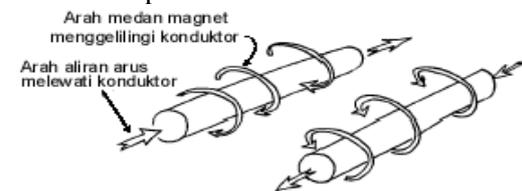


Gambar 2.1 Prinsip Kerja Motor Listrik

Sumber: Elektronika Dasar (2012)

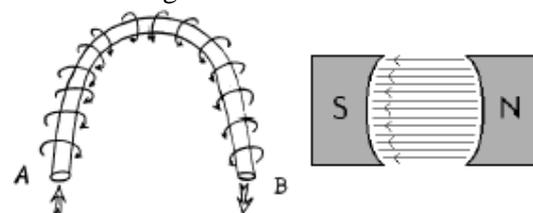
1) Prinsip Kerja Motor DC

Jika arus lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet di sekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor.



Gambar 2.2 Medan magnet yang membawa arus yang mengelilingi konduktor. Sumber: Zuhail (1988).

Pada motor listrik konduktor berbentuk U disebut anker dinamo.



Gambar 2.3 Medan magnet mengelilingi konduktor dan diantara kutub. Sumber: Zuhail (1988)

Medan konduktor A akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di bawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat di atas konduktor. Konduktor akan

berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut akan membuat angker dinamo berputar.

2) Mengatur Kecepatan Pada Armature

Motor DC yang digunakan pada robot beroda umumnya adalah motor DC dengan magnet permanen. Motor DC jenis ini memiliki dua buah magnet permanen. Di dalam medan magnet inilah jangkar/rotor berputar. Jangkar yang terletak di tengah motor memiliki jumlah kutub yang ganjil dan pada setiap kutubnya terdapat lilitan. Lilitan ini terhubung ke area kontak yang disebut komutator. Sikat (*brushes*) yang terhubung ke kutub positif dan negatif motor memberikan daya ke lilitan sedemikian rupa sehingga kutub yang satu akan ditolak oleh magnet permanen yang berada di dekatnya, sedangkan lilitan lain akan ditarik ke magnet permanen yang lain sehingga menyebabkan jangkar berputar. Kecepatan putar motor DC (N) dirumuskan dengan Persamaan berikut. (Fahmizal, 2011)

$$N = \frac{V_{TM} - I_a R_a}{K \Phi}$$

Keterangan:

V_{TM} = Tegangan Terminal

I_a = Arus Jangkar Motor

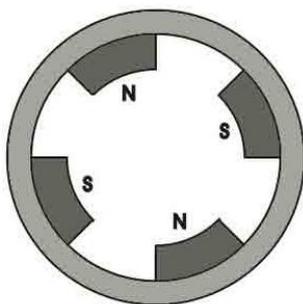
R_a = Hambatan Jangkar Motor

K = Konstanta Motor

Φ = Fluk Magnet Yang Terbentuk Pada Motor

3) Motor DC Dengan Magnet Permanen

Dalam motor ini, armature berputar didalam medan magnet. Prinsip kerjanya adalah ketika konduktor yang dialiri arus listrik diletakkan didalam medan magnet maka akan ada gaya mekanik yang alami konduktor tersebut.

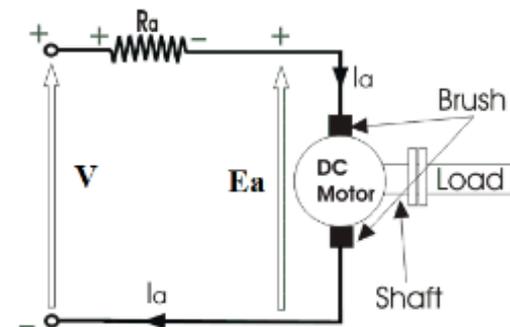


Gambar 2.4 Motor DC dengan magnet permanen.
Sumber: Fahmizal (2011)

Magnet permanen dipasang sedemikian rupa sehingga kutub N dan S dari masing-

masing magnet berlawanan dengan *armature*. Rotor pada motor DC dengan magnet permanen atau disebut juga dengan angker terdiri dari inti, gulungan, dan komutator. Dan apabila rotor dipasok arus listrik maka akan menimbulkan gaya mekanik.

Seperti dengan motor DC yang lainnya, untuk menghitung tegangan yang di-supply, rugi daya pada jangkar, dan besarnya gaya gerak listrik (ggl) maka dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.



Gambar 2.5 Rangkaian motor DC dengan magnet permanen. Sumber: Fahmizal (2011)

$$V = E_a + I_a R_a$$

Keterangan:

V = Tegangan input (Volt)

E_a = Gaya gerak listrik (Volt)

I_a = Arus pada armature (Ampere)

R_a = Resistansi pada armature (Ω)

Untuk menghitung kerugian daya karena panas pada lilitan armature maka,

$$P_{Rugi} = I_a^2 \times R_a$$

Kemudian daya mekanis yang dibutuhkan untuk menghasilkan torsi motor DC dengan megnet permanen adalah:

$$P_m = E_a \times I_a$$

Sehingga perbandingan keluaran daya motor yang digunakan terhadap keluaran daya totalnya adalah:

$$\eta = \frac{E_a \times I_a}{V \times I_a} \times 100\%$$

c. Tali Kawat

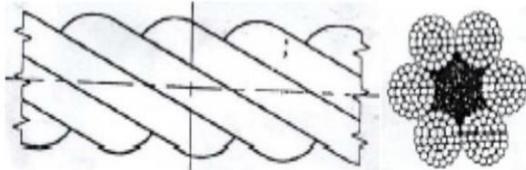
Ada 2 jenis tali yang dikenal pada saat ini, yaitu: a) Tali nonmetal, misalnya tali rami atau manila henep dan belakang tali plastik yang telah dikembangkan; dan b) Tali baja (*steel wirerope*) yang terbuat dari serat-serat baja.

1) Tali Baja (Wirerope)

Tali baja berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan beban serta digunakan secara luas pada mesin-mesin pengangkut

sebagai perabot pengangkat, tali baja adalah tali yang dikonstruksikan dari kumpulan jalinan serat-serat baja (*steel wire*) dengan kekuatan $\sigma_b = 130\text{-}200\text{kg/mm}^2$.

Beberapa serat dipintal hingga menjadi sa-tu jalinan (*strand*), kemudian beberapa strand dijalin pula pada suatu inti (*core*) sehingga membentuk tali.



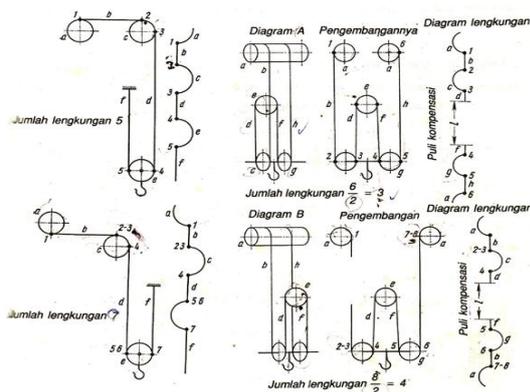
Gambar 2.6 Konstruksi Serat Tali Baja.
Sumber: Rudenko, N (1992)

2) Tali Untuk Crane Pengangkat

Pada umumnya setiap tali hanya dapat mengalami lengkungan tertentu sepanjang umur pakai, sejumlah lengkungan tertentu yang telah melewati batas ini akan rusak dengan cepat.

Satu lengkungan diasumsikan sebagai perubahan tali dari kedudukan lurus, menjadi kedudukan melengkung, atau dari kedudukan lurus menjadi melengkung. Jumlah lengkungan yang di tentukan oleh jumlah titik (puli atau *drum*) tempat tali lewat, lengkungan dalam satu arah.

Pada titik tersebut setara dengan lengkungan tunggal dan lengkungan variabel setara dengan lengkungan ganda sistem puli yang banyak digunakan dan jumlah lengkungan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.7 Menentukan Jumlah Lengkungan Tali dengan satu puli bergerak dan Puly Majemuk.
Sumber: Rudenko, N (1992)

3) Tarikan Kerja Maksimum Tali

Tarikan kerja maksimum pada tali ditentukan oleh sistem puli beban SW dihitung dengan rumus: (Rudenko, 1992)

$$S = \frac{Q}{n \eta_p \cdot \eta_1}$$

Keterangan:

- Q = Berat muatan yang diangkat (kg)
- N = Jumlah puli penumpu $n = 8$
- η = Efisiensi puli = 0,873
- η_p = Efisiensi yang disebabkan kerugian tali akibat kekakuannya ketika menggulung pada drum yang diasumsikan 0,98

(d) Tarikan pada Satu Bagian Tali

Tarikan kerja pada satu bagian tali ditentukan oleh sistem puli beban SW dihitung dengan rumus: (Rudenko, 1992)

$$P = \frac{Q}{Z \times \eta}$$

Keterangan:

- P = Tarikan pada satu bagian tali (kg)
- Q = Berat muatan yang diangkat (kg)
- Z = Jumlah puli penumpu
- η = Efisiensi puli (0,873)

(e) Nilai Beban Putus Pada Tali

Nilai beban putus pada tali ditentukan oleh sistem puli beban SW dihitung dengan rumus: (Rudenko, 1992)

$$S = P \times K$$

Keterangan:

- S = Nilai beban putus pada tali (kg)
- P = Tarikan pada satu bagian tali (kg)
- K = Nilai factor keamanan untuk *crane* (5,5)

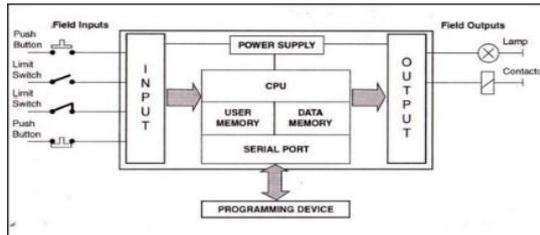
d. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC adalah suatu perangkat elektronika yang mengontrol mesin dan proses pengendalian yang menggunakan memori dan dapat diprogram untuk menyimpan instruksi (perintah) dan menjalankan “*Specific Function*” termasuk *ON-OFF, Control*.

1) Prinsip Kerja PLC

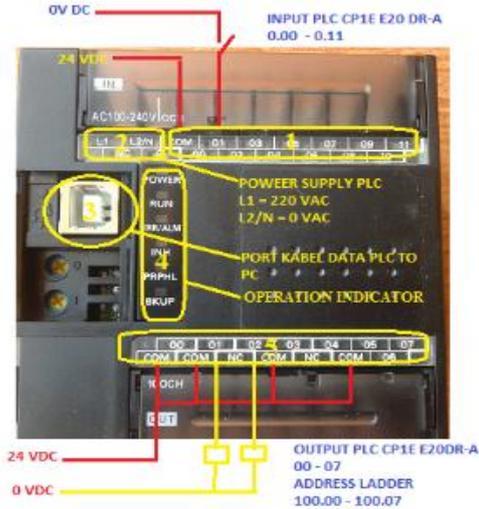
Prinsip kerja sebuah PLC adalah menerima sinyal masukan proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal masukan tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori lalu menghasilkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan lainnya.

PLC memiliki dua bagian dasar, yaitu: *input/output interface system* dan *central processing unit*.



Gambar 2.8 Prinsip kerja PLC. Sumber: Anwar (2015).

2) *Bagian-Bagian Umum PLC OMRON CP1E*



Gambar 2.9 Bagian-Bagian PLC OMRON Sysmac CP1E. Sumber: OMRON (2004)

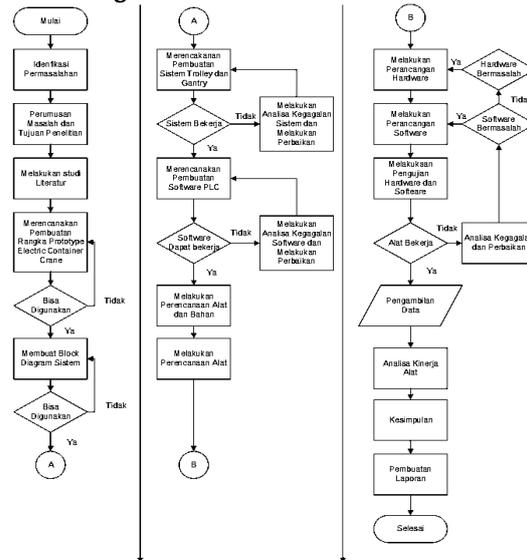
1. Blok eksternal power supply 12 VDC-24 VDC, ground dan input terminal.
2. *Block* terminal power supply 220 VAC.
3. Peripheral USB port untuk menghubungkan dengan komputer dan komputer dapat digunakan untuk memprogram dan memonitoring.
4. Operation indicator, mengidentifikasi status operasi dari CP1E termasuk *power status*, mode operasi, *errors*, dan komunikasi USB.
5. Blok eksternal power supply 12 VDC-24 VDC, ground dan *output* terminal

3. **METODE PENELITIAN**

a. *Waktu dan Tempat Penelitian*

Waktu Penelitian pada 15 Maret – 14 Mei 2017 bertempat di PT Nilam Port Terminal Indonesia Jalan Nilam Timur Tanjung Perak Surabaya.

b. *Diagram Alir Penelitian*



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian. Sumber: Peneliti (2017)

1) *Identifikasi Permasalahan*

Hal yang paling awal harus dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah melakukan identifikasi permasalahan. Identifikasi permasalahan dilakukan menggunakan cara melakukan pengamatan langsung pada Rubber Tyre Gantry Crane ZPMC.

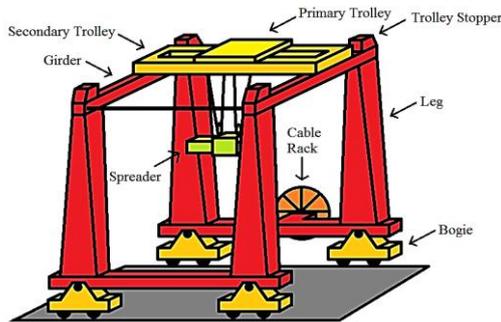
2) *Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian*

Saat melakukan identifikasi permasalahan peneliti masih menemukan kekurangan-kekurangan pada alat. Maka dari itu peneliti akan melakukan pengkajian masalah yang didapat dari identifikasi permasalahan dan menentukan tujuan dari penelitian yang dilakukan.

3) *Studi literatur*

Studi literatur ini bertujuan untuk mendapatkan informasi berupa teori-teori maupun studi kasus yang dapat dijadikan pedoman dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini. Literatur ini dapat berupa buku, karya-karya ilmiah, jurnal maupun artikel-artikel yang ada di internet serta media yang berhubungan dengan penulisan penelitian ini.

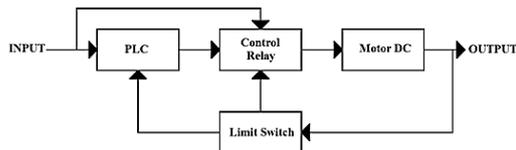
4) Merencanakan Pembuatan Rangka Prototype



Gambar 3.2 Perancangan kerangka Electric Container Crane. Sumber: Peneliti (2017)

Sebelum melakukan perancangan alat peneliti perlu merencanakan kerangka alat yang akan dibuat. Kerangka dapat digambarkan seperti pada gambar 3.2 diatas.

(a) Merencanakan Block Diagram Sistem



Gambar 3.3 Blok Diagram Sistem
Sumber: Peneliti (2017)

Setelah merencanakan pembuatan rangka electric container peneliti perlu merencanakan blok diagram sistem. Sehingga ketika sistem dipasangkan pada hardware alat dapat bekerja dengan baik. Sistem yang akan dibuat digambarkan seperti pada gambar 3.3 diatas.

(b) Pengadaan Komponen

Tabel 3.1 Kebutuhan Bahan

No	Bahan	Spesifikasi	Jumlah
1	Aerylic	3	200x100 cm
2	Motor Gantry	DC 25GA370 12V 100RPM	4
3	Motor Trolley Primer	DC 37GB31ZY 12V 110RPM	2
4	Motor Trolley Sekunder	DC 25GA370 12V 450RPM	2
5	Motor Kabel Rack	DC 38GB31ZY 12V 110RPM	1
6	Relay 12V DC	ZD-3FF-S-1Z-T 12 VDC 7A 250 VAC 12A 14 VDC	23
7	Limit Switch	-	8
8	PCB Board	-	5
9	Kabel	-	2 Rol
10	Transformator 1A	CT 1A VIN 110VAC/220VAVOUT 12/9/6/0VDC	1
11	Transformator 3A	CT 3A VIN 110VAC/220VAVOUT 12/9/6/0VDC	1
12	PLC	OMRON CP1E-E20SDR-A	1
13	Lem	-	20
14	Lampu LED	Lampu Led 5VDC	-
15	Fuse	2 A	2
16	Push Button	-	15
17	Button Push On	-	4

(c) Perancangan Hardware

Setelah semua perencanaan diatas selesai tindakan yang dilakukan adalah membuat hardware sesuai dengan rangka pada gambar

diatas menggunakan alat dan bahan yang sudah disediakan. Berikut adalah langkah-langkah perancangan hardware:

1. Merancang kaki-kaki (leg) electric container crane



Gambar 3.4 Leg (Kaki Electric Container Crane).
Sumber: Peneliti (2017)

2. Merancang kerangka gantry



Gambar 3.5 Kerangka Gantry.
Sumber: Peneliti (2017)

3. Merancang kerangka trolley



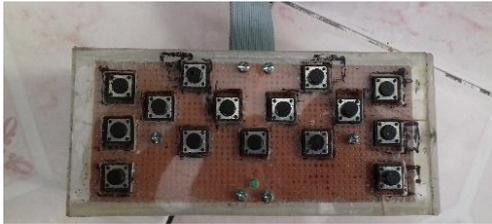
Gambar 3.6 Kerangka Trolley.
Sumber: Peneliti (2017)

4. Merancang cable track



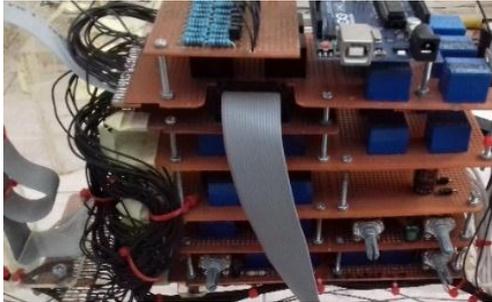
Gambar 3.7 Cable Track. Sumber: Peneliti (2017)

5. Merancang console atau remot pengontrol electric container crane.



Gambar 3.8 Console. Sumber: Peneliti (2017)

6. Merangkai relay pengontrol dan pengkabelan pada setiap komponen pada *electric container crane*.



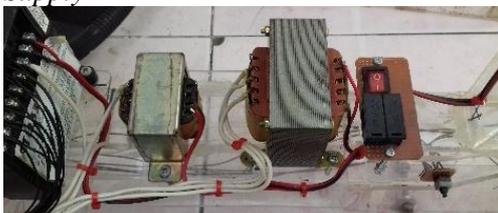
Gambar 3.9 Control Relay. Sumber: Peneliti (2017)

7. Merangkai PLC sebagai pengontrol alat



Gambar 3.10 Pemasangan PLC.
Sumber: Peneliti (2017)

8. Memasang dan perangkaian *Power Supply*



Gambar 3.11 Power Supply.
Sumber: Peneliti (2017)

- (d) Pengujian *Hardware* dan *Software*

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem yang dibuat sehingga dapat ditemukan permasalahan dan dilakukan perbaikan. Pengujian dilakukan pada perangkat keras (*hardware*), perangkat lunak (*software*), dan sistem integrasi. Tujuannya adalah mengetahui kinerja sistem yang telah dibuat dan

memberikan analisa dari hasil pengujian. Usaha ini dilakukan juga untuk mengetahui kemampuan alat uji yang telah dibuat, apakah sudah memenuhi keinginan atau belum. Pengujian ini dilakukan beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang baik.

- (e) Analisa Kegagalan dan Tindakan Perbaikan

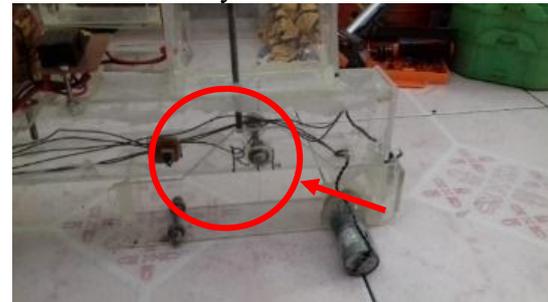
Tidak selamanya pengujian sistem alat bisa langsung mendapatkan hasil yang memuaskan. Oleh karena itu apabila ditemui hasil yang tidak sesuai perlu dilakukan analisa kegagalan dan tindakan perbaikannya.

- (f) Analisa Kerja Alat

Dalam pengambilan data kita bisa mengetahui apakah alat uji bisa berfungsi dengan baik dengan melihat hasil/data yang diambil. Apakah terjadi penyimpangan yang cukup signifikan diantara data-data yang sama, atau hasil yang diambil merupakan data yang relatif sama.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Motor Gantry



Gambar 4.1 Motor Gantry
Sumber: Peneliti (2017)

Spesifikasi motor gantry

Tipe : DC 25GA370 12V 100RPM

Tegangan : DC 12 Volt

Arus Kerja Maksimal : 0,8 Ampere

Putaran RPM : 100 RPM

Tabel 4.1 data hasil uji coba motor gantry

Beban (Kg)	Tegangan (V)	Ia (A)	Ra (Ω)	Ea (V)	Pm (W)	Efisiensi (%)	Kecepatan Putaran Motor (RPM)
3,5	11,52	0,05	15,1	10,765	0,538	93,4	90

Sumber: Peneliti (2017)

Perhitungan gaya gerak listrik (E_a), daya mekanik (P_m), efisiensi (η), kecepatan putar motor (RPM).

- a. Perhitungan emf (E_a)

$$V = E_a + I_a \cdot R_a$$

$$11,52 \text{ V} = E_a + 0,05 \cdot 15,1$$

- $E_a = 11,52 \text{ V} - 0,755 \text{ V}$
 $E_a = 10,765 \text{ V}$
- b. Perhitungan daya *input*
 $P_{in} = V \times I_a$
 $P_{in} = 11,52 \times 0,05$
 $P_{in} = 0,576 \text{ Watt}$
- c. Perhitungan daya mekanik (P_m)
 $P_m = E_a \times I_a$
 $P_m = 10,765 \times 0,05$
 $P_m = 0,538 \text{ Watt}$
- d. Perhitungan Efisiensi motor (η)
 $\eta = P_{Out} / P_{in} \times 100\%$
 $\eta = 0,538 / 0,576 \times 100\%$
 $\eta = 0,9340277 \times 100\% = 93,4 \%$
- e. Perhitungan kecepatan putar motor (N)

$$N = \frac{V_{TM} - I_a \cdot R_a}{K\Phi}$$

Sesuai spesifikasi motor yang digunakan jika motor *gantry* tanpa beban maka diasumsikan $V = E_a$ karena $I_a = 0$ dan putaran motor adalah 100 RPM. Maka perhitungan menjadi

$$100 = \frac{12 - (0 \times 15,1)}{K\Phi}$$

$$100 = \frac{12 - 0}{K\Phi}$$

$$K\Phi = \frac{12}{100}$$

$$K\Phi = 0,12 \text{ Webber}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh besar $K\Phi$ adalah sebesar 0,12 Webber. Kemudian jika motor *gantry* terbebani seberat 3,5 kg maka perhitungan putaran motor menjadi

$$N = \frac{11,52 - (0,05 \times 15,1)}{0,12}$$

$$N = \frac{11,52 - 0,755}{0,12}$$

$$N = \frac{10,765}{0,12}$$

$$N = 89,708 \text{ RPM}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan putaran motor menjadi 90 putaran per menit (RPM).

b. Cable Track



Gambar 4.2 Cable Track. Sumber: Peneliti (2017)

Spesifikasi motor *Cable Track*

Tipe : DC 37GB31ZY 12V 110RPM

Tegangan : DC 12 Volt
 Arus Kerja Maksimal : 0,1 Ampere
 Putaran RPM: 110 RPM

Tabel 4.2 data hasil uji coba motor *cable track*

Tegangan (V)	Ia (A)	Ra (Ω)	Ea (V)	Pm (W)	Effisiensi (%)	Kecepatan Putaran Motor (RPM)
11,21	0,026	123,8	7,86	0,291	70,1	73

Sumber: Peneliti (2017).

Perhitungan gaya gerak listrik (E_a), daya mekanik (P_m), efisiensi (η), kecepatan putar motor (RPM).

- a. Perhitungan emf (E_a)
 $V = E_a + I_a \cdot R_a$
 $11,21 \text{ V} = E_a + 0,026 \times 123,8$
 $11,21 \text{ V} = E_a + 3,3488 \text{ V}$
 $E_a = 11,21 \text{ V} - 3,3488 \text{ V}$
 $E_a = 7,8612 \text{ V}$
- b. Perhitungan daya *input*
 $P_{in} = V \times I_a$
 $P_{in} = 11,21 \times 0,026$
 $P_{in} = 0,291 \text{ Watt}$
- c. Perhitungan daya mekanik (P_m)
 $P_m = E_a \times I_a$
 $P_m = 7,8612 \times 0,026$
 $P_m = 0,204 \text{ Watt}$
- d. Perhitungan Efisiensi motor (η)
 $\eta = \frac{P_{Out}}{P_{in}} \times 100\%$
 $\eta = \frac{0,204}{0,291} \times 100\%$
 $\eta = 0,7010309 \times 100\% = 70,1 \%$
- e. Perhitungan kecepatan putar motor (N)

$$N = \frac{V_{TM} - I_a \cdot R_a}{K\Phi}$$

Sesuai spesifikasi motor yang digunakan jika motor *cable track* tanpa beban maka diasumsikan $V = E_a$ karena $I_a = 0$ dan putaran motor adalah 110 RPM. Maka perhitungan menjadi

$$110 = \frac{12 - (0 \times 123,8)}{K\Phi}$$

$$110 = \frac{12 - 0}{K\Phi}$$

$$K\Phi = \frac{12}{110}$$

$$K\Phi = 0,109 \text{ Webber}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh besar $K\Phi$ adalah sebesar 0,109 Webber. Maka perhitungan motor menjadi

$$N = \frac{11,21 - (0,026 \times 123,8)}{0,109}$$

$$N = \frac{11,21 - 3,2188}{0,109}$$

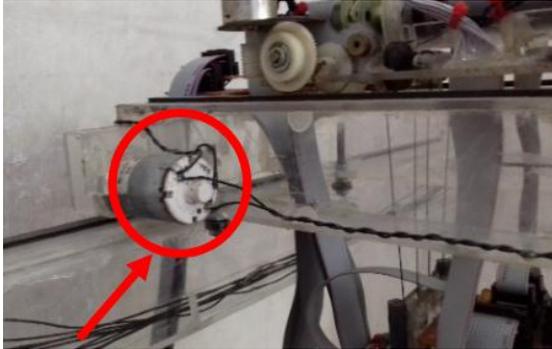
$$N = \frac{7,9912}{0,109}$$

$$N = 73,31 \text{ RPM}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan putaran motor menjadi 73 putaran per menit (RPM).

c. Trolley

1) Motor Trolley Primer



Gambar 4.3 Motor Trolley Primer.
Sumber: Peneliti (2017)

Spesifikasi Motor Trolley Primer

Tipe : DC 37GC31ZY 12V 110RPM

Tegangan : DC 12 Volt

Arus Kerja Maksimal : 0,3 Ampere

Putaran RPM: 110 RPM

Tabel 4.3 data hasil uji coba motor trolley primer

Beban (Kg)	Tegangan (V)	Ia (A)	Ra (Ω)	Ea (V)	Pm (W)	Effisiensi (%)	Kecepatan Putaran Motor (RPM)
0,2	11,54	0,0144	40,8	10,95248	0,158	94,9	100
0,4	11,54	0,0288	40,8	10,36496	0,298	89,8	95
0,6	11,54	0,0432	40,8	9,77744	0,422	84,7	90
0,8	11,54	0,0576	40,8	9,18992	0,529	79,64	84
1	11,54	0,072	40,8	8,6024	0,619	74,5	79
1,2	11,54	0,0864	40,8	8,01488	0,693	69,5	74
1,4	11,54	0,1008	40,8	7,42736	0,75	64,4	68
1,6	11,54	0,1152	40,8	6,83984	0,788	59,3	63
1,8	11,54	0,1296	40,8	6,25232	0,81	54,2	57
2	11,54	0,144	40,8	5,6648	0,816	49,1	52
2,2	11,54	0,1584	40,8	5,07728	0,804	44	47
2,4	11,54	0,1728	40,8	4,48976	0,776	38,9	41
2,6	11,54	0,1872	40,8	3,90224	0,73	33,8	36

Sumber: Peneliti (2017)

Perhitungan gaya gerak listrik (E_a), daya mekanik (P_m), efisiensi (η), kecepatan putar motor (RPM).

a. Perhitungan emf (E_a)

$$V = E_a + I_a \cdot R_a$$

$$11,54 \text{ V} = E_a + 0,1008 \times 40,8$$

$$11,54 \text{ V} = E_a + 4,11264 \text{ V}$$

$$E_a = 11,54 \text{ V} - 4,11264 \text{ V}$$

$$E_a = 7,42736 \text{ V}$$

b. Perhitungan daya input

$$P_{in} = V \times I_a$$

$$P_{in} = 11,54 \times 0,1008$$

$$P_{in} = 1,16 \text{ Watt}$$

c. Perhitungan daya mekanik (P_m)

$$P_m = E_a \times I_a$$

$$P_m = 7,42736 \times 0,1008$$

$$P_m = 0,7486 \text{ Watt}$$

d. Perhitungan Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0,7486}{1,1632} \times 100\%$$

$$\eta = 0,64356 \times 100\% = 64,4 \%$$

e. Perhitungan kecepatan putar motor (N)

$$N = \frac{V_{TM} - I_a \cdot R_a}{K\Phi}$$

Sesuai spesifikasi motor yang digunakan jika motor trolley primer tanpa beban maka diasumsikan $V = E_a$ karena $I_a = 0$ dan putaran motor adalah 110 RPM. Maka perhitungan menjadi

$$110 = \frac{12 - (0 \times 123,8)}{K\Phi}$$

$$110 = \frac{12 - 0}{K\Phi}$$

$$K\Phi = \frac{12}{110}$$

$$K\Phi = 0,109 \text{ Webber}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh besar $K\Phi$ adalah sebesar 0,109 Webber. Maka perhitungan motor menjadi

$$N = \frac{11,54 - (0,1008 \times 40,8)}{0,109}$$

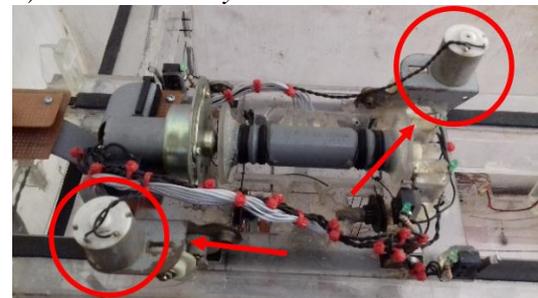
$$N = \frac{11,54 - 4,11264}{0,109}$$

$$N = \frac{7,42736}{0,109}$$

$$N = 68,140 \text{ RPM}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan putaran motor jika diberi beban 1,4 kg menjadi 68 putaran per menit (RPM).

2) Motor Trolley Sekunder



Gambar 4.4 Motor Trolley Sekunder
Sumber: Peneliti (2017)

Spesifikasi Motor Trolley Sekunder

Tipe : DC 25GA370 12V 450RPM

Tegangan : DC 12 Volt

Arus Kerja Maksimal : 3 Ampere
Putaran RPM : 120 RPM

Tabel 4.6 data hasil uji coba motor trolley sekunder

Beban (Kg)	Tegangan (V)	Ia (A)	Ra (Ω)	Ea (V)	Pm (W)	Effisiensi (%)	Kecepatan Putaran Motor (RPM)
0,2	11,132	0,0224	4	11,0424	0,247	99,2	110
0,4	11,132	0,0448	4	10,9528	0,491	98,4	109
0,6	11,132	0,0672	4	10,8632	0,73	97,6	108
0,8	11,132	0,0896	4	10,7736	0,965	96,8	107
1	11,132	0,112	4	10,684	1,197	95,96	106
1,2	11,132	0,1344	4	10,5944	1,424	95,17	105
1,4	11,132	0,1568	4	10,5048	1,647	94,4	105
1,6	11,132	0,1792	4	10,4152	1,866	93,6	104
1,8	11,132	0,2016	4	10,3256	2,082	92,8	103
2	11,132	0,224	4	10,236	2,293	91,95	102
2,2	11,132	0,2464	4	10,1464	2,5	91,15	101
2,4	11,132	0,2688	4	10,0568	2,703	90,34	100
2,6	11,132	0,2912	4	9,9672	2,902	89,54	99
2,8	11,132	0,3136	4	9,8776	3,098	88,73	98
3	11,132	0,336	4	9,788	3,289	87,93	97
3,2	11,132	0,3584	4	9,6984	3,476	87,12	96
3,4	11,132	0,3808	4	9,6088	3,659	86,32	96
3,6	11,132	0,4032	4	9,5192	3,838	85,51	95
3,8	11,132	0,4256	4	9,4296	4,0136	84,71	94

Sumber: Peneliti (2017)

Perhitungan gaya gerak listrik (Ea), daya mekanik (Pm), efisiensi (η), kecepatan putar motor (RPM).

- Perhitungan emf (Ea)

$$V = Ea + Ia \cdot Ra$$

$$11,132 \text{ V} = Ea + 0,112 \times 4$$

$$11,132 \text{ V} = Ea + 0,448 \text{ V}$$

$$Ea = 11,132 \text{ V} - 0,448 \text{ V}$$

$$Ea = 10,684 \text{ V}$$
- Perhitungan daya input

$$P_{in} = V \times Ia$$

$$P_{in} = 11,132 \times 0,112$$

$$P_{in} = 1,246784 \text{ Watt}$$
- Perhitungan daya mekanik (Pm)

$$P_m = Ea \times Ia$$

$$P_m = 10,684 \times 0,112$$

$$P_m = 1,196608 \text{ Watt}$$
- Perhitungan Efisiensi (η)

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{1,196608}{1,246784} \times 100\%$$

$$\eta = 0,95975 \times 100\% = 95,9\%$$
- Perhitungan kecepatan putar motor (N)

$$N = \frac{V_{TM} - I_a \cdot R_a}{K\Phi}$$

Sesuai spesifikasi motor yang digunakan jika motor trolley sekunder tanpa beban maka diasumsikan $V = Ea$ karena $Ia = 0$ dan putaran motor adalah 120 RPM. Maka perhitungan menjadi

$$120 = \frac{12 - (0 \times 4)}{K\Phi}$$

$$120 = \frac{12 - 0}{K\Phi}$$

$$K\Phi = \frac{12}{120}$$

$$K\Phi = 0,1 \text{ Webber}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh besar $K\Phi$ adalah sebesar 0,1 Webber. Maka perhitungan motor menjadi

$$N = \frac{11,32 - (0,112 \times 4)}{0,1}$$

$$N = \frac{11,132 - 0,48}{0,1}$$

$$N = \frac{10,684}{0,1}$$

$$N = 106,84 \text{ RPM}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan putaran motor jika diberi beban 1 kg menjadi 107 putaran per menit (RPM).

d. Perhitungan Tegangan Tali

- Kapasitas Angkat Crane

$$Q = Q_{total} + Q_{Spreader} + Q_{trolley}$$

$$Q = 500g + 380g + 1120g$$

$$Q = 2000 \text{ gram}$$

2) Tarikan Maksimum Tali

$$S = \frac{Q}{n \eta_p \cdot \eta_1}$$

$$S = \frac{2000 \text{ g}}{2 \times 0,873 \times 0,98}$$

$$S = 307,92 \text{ gram}$$

3) Nilai Tarikan Pada Satu Bagian Tali

$$P = \frac{Q}{Z \times \eta}$$

$$P = \frac{2000 \text{ g}}{8 \times 0,873}$$

$$P = 286,37 \text{ gram}$$

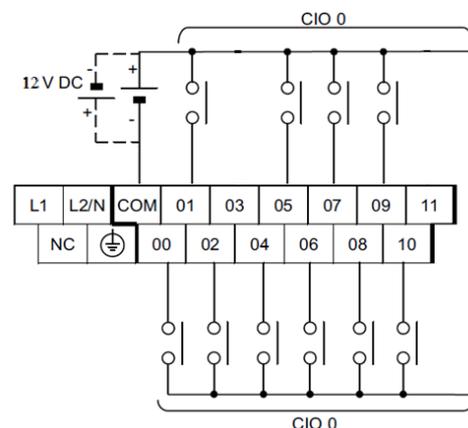
4) Nilai Beban Putus Pada Tali

$$S = P \times K$$

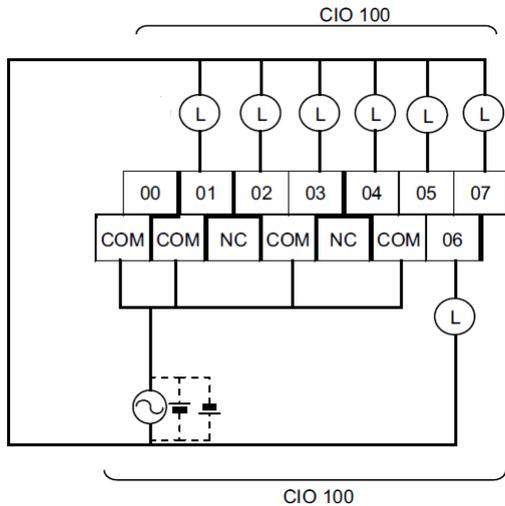
$$= 286,37 \times 5,5$$

$$= 1575,029 \text{ gram}$$

e. Hasil Pengalamatan dan Pemrograman PLC OMRON dengan software CX - Programmer 9.4



Gambar 4.6 Schematic Upper Terminal Block PLC. Sumber: Peneliti (2017)



Gambar 4.7 Schematic Lower Terminal Block PLC
Sumber: Peneliti (2017)

Tabel 4.1 Alamat I//O Software PLC

Name	Data Type	Address/Value	Usage	Comment
RST_CTLON	BOOL	0.00	In	Reset/Control On
CTLOFSG	BOOL	0.01	In	Control Off Signal
ESTPSG	BOOL	0.02	In	Emergency Stop Signal
-	-	0.03	-	-
OVLSG	BOOL	0.04	In	Overload Signal
GATCLSG	BOOL	0.05	In	Gantry Anti-Collision Signal
SPDLDSG	BOOL	0.06	In	Spreader Landed Signal
HUPCMSG	BOOL	0.07	In	Hoist Up Cam Signal
SPDLKUNSG	BOOL	0.08	In	Spreader Lock/Unlock Signal
HDWCMMSG	BOOL	0.09	In	Hoist Down Cam Signal
BYPSSG	BOOL	0.10	In	By Pass Signal
-	-	0.11	-	-
CNLOWIND	BOOL	100.00	Out	Control On Indicator
GRNPMT	BOOL	100.01	Out	Gantry Run Permit
HRNPMT	BOOL	100.02	Out	Hoist Run Permit
TRNPMT	BOOL	100.03	Out	Trolley Run Permit
BYPASS	BOOL	100.04	Out	By Pass Switch Active
SPRNPMT	BOOL	100.05	Out	Spreader Run Permit
HUPSTP	BOOL	100.06	Out	Hoist Up Stop
HDWSTP	BOOL	100.07	Out	Hoist Down Stop

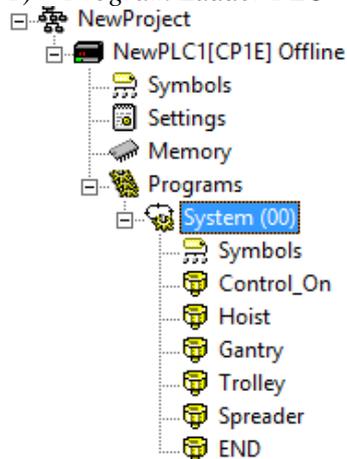
Sumber: Peneliti (2017)

Tabel 4.2 Alamat Relay Internal Software PLC.

Name	Data Type	Address/Value	Usage	Comment
CTLON	BOOL	1.05	Work	Control On
CTLONPMT	BOOL	1.04	Work	Control On Permit
ESTPFLT	BOOL	1.00	Work	Emergency Stop Fault
GATCLFLT	BOOL	1.03	Work	Gantry Anti-Collision Fault
SPDUNKN	BOOL	1.06	Work	Spreader Status Unknown
OVLFMT	BOOL	1.01	Work	Overload Fault

Sumber: Peneliti (2017)

1) Program Ladder PLC



Gambar 4.5 Sistem PLC. Sumber: Peneliti (2017)

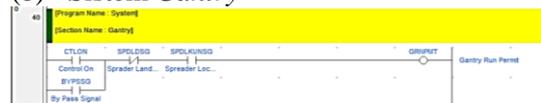
(a) Sistem Control ON



Gambar 4.6 Sistem Control On. Sumber: Peneliti (2017)

System Control On merupakan sebuah system yang akan mengawali dari setiap perintah pada semua system yang telah dibuat. System ini bekerja apabila inpu relay yang beralamat 0.00 (RST_CTLON) mendapatkan perintah *input* berupa tegangan 12V DC menggunakan *push button*. Kemudian ketika alamat *input* tersebut mendapatkan perintah maka internal relay yang beralamat 1.05 (CTLON) akan aktif dan memberi perintah kepada semua system bahwa hardware siap untuk dioperasikan.

(b) Sistem Gantry



Gambar 4.7 Sistem Gantry. Sumber: Peneliti (2017)

Sistem *gantry* pada PLC merupakan suatu system yang memerintahkan eksternal *relay* pada rangkaian pengontrol *gantry* untuk aktif atau non aktif. Apabila relay aktif berarti system *gantry* siap dioperasikan dan sebaliknya. Pada system ini terdapat beberapa *input relay* yang mempunyai fungsi sebagai pemutus rangkaian serta *output relay* sebagai perintah keluaran pada eksternal *relay* dalam rangkaian.

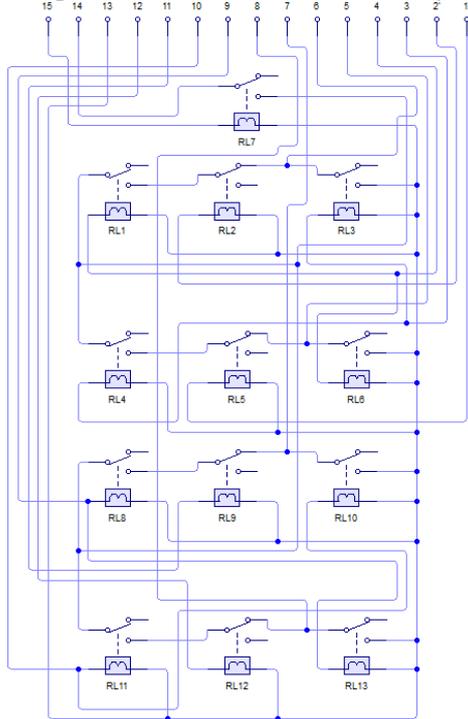
(c) Sistem Trolley



Gambar 4.8 Sistem Trolley. Sumber: Peneliti (2017)

Sistem *trolley* pada PLC pada dasarnya hampir mirip dengan system *gantry* yaitu merupakan suatu system yang memerintahkan eksternal relay pada rangkaian pengontrol *trolley* untuk aktif atau non aktif. Apabila relay aktif berarti system *trolley* siap dioperasikan dan sebaliknya. Pada system ini terdapat beberapa *input relay* yang mempunyai fungsi sebagai pemutus rangkaian serta *output relay* sebagai perintah keluaran pada eksternal *relay* dalam rangkaian.

2) Rangkaian Kelistrikan
(a) Rangkaian Kelistrikan Sistem Trolley



Gambar 4.9 Wiring Diagram Trolley
Sumber: Peneliti (2017)

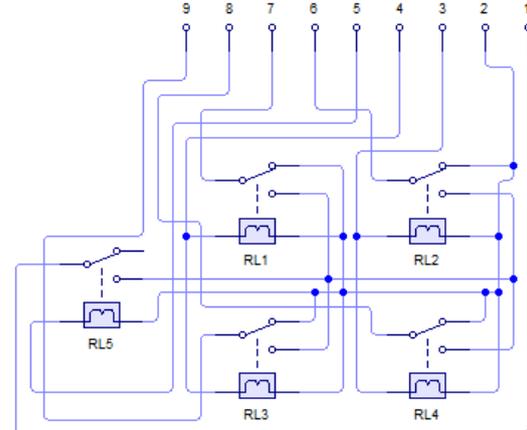
Trolley adalah komponen pada *electric container crane* yang dapat bergerak maju dan mundur serta ke kanan dan ke kiri untuk meletakkan container pada slot dan row tertentu di *container yard* (CY).

Tabel 4.1 Tabel nomor pin wiring diagram trolley

Nomor Pin	Fungsi	Keterangan
1	Input	Limit switch trolley kiri stop
2	Input	Limit switch trolley kanan stop
3	Input	Console/ push button trolley kiri
4	Input	Console/ push button trolley kanan
5	Output	Supply untuk motor trolley bergerak ke kiri
6	Output	Supply untuk motor trolley bergerak ke kanan
7	Output	Supply untuk motor trolley bergerak maju
8	Output	Supply untuk motor trolley bergerak mundur
9	Input	Console/ push button trolley maju
10	Input	Console/ push button trolley mundur
11	Input	Limit switch trolley maju stop
12	Input	Limit switch trolley mundur stop
13	Input	Supply Tegangan negative (-)
14	Input	Supply Tegangan positive (+) 12 V DC 3 A
15	Input	Input trolley permit

Sumber: Peneliti (2017)

(b) Rangkaian kelistrikan Sistem Gantry



Gambar 4.10 Wiring Diagram Gantry
Sumber: Peneliti (2017)

Gantry adalah komponen pada *electric container crane* yang bergerak kekanan dan kekiri beserta seluruh body *electric container crane* untuk menghampiri posisi *container* berada berdasarkan slot di *container yard* (CY). System gantry pada penelitian ini memiliki tambahan *system cable track* atau peenggulung kabel otomatis karena model crane pada penelitian ini dirancang tanpa menggunakan *engine* maka ditambah system tersebut supaya masih dapat bergerak fleksibel.

Tabel 4.2 Tabel nomor pin wiring diagram Gantry

Nomor Pin	Fungsi	Keterangan
1	Input	Supply Tegangan positive (+) 12 V DC 3 A
2	Input	Supply Tegangan negative (-)
3	Input	Console/ push button gantry kanan
4	Input	Console / push button gantry kiri
5	Input	Input gantry permit
6	Output	Supply untuk motor gantry bergerak ke kanan
7	Output	Supply untuk motor gantry bergerak ke kiri
8	Output	Supply untuk motor cable track menggulung kabel
9	Output	Supply untuk motor cable track mengulur kabel

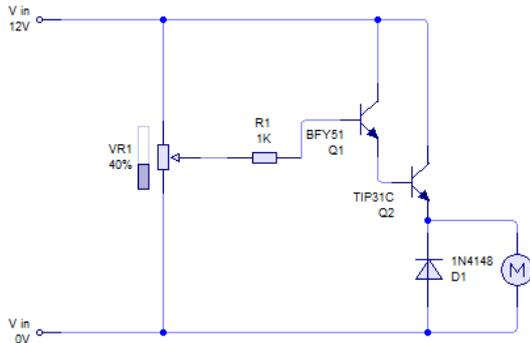
Sumber: Peneliti (2017)

(c) Rangkaian Pengatur Kecepatan Motor



Gambar 4.11 Pengatur Kecepatan Motor.
Sumber: Peneliti (2017)

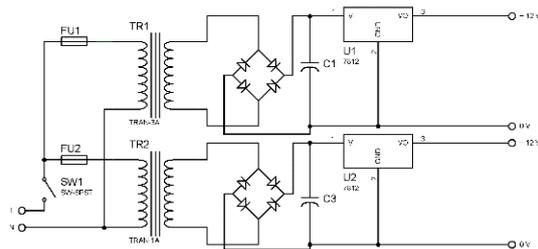
§



Gambar 4.12 Pengatur Kecepatan Motor.
Sumber: Peneliti (2017)

Rangkaian pengatur kecepatan motor tersebut berperan untuk mengatur kecepatan putaran motor *trolley*, *gantry* dan *cable track* yang di rancang menggunakan 2 buah transistor yang dirangkai dengan cara *darlington*. Rangkaian pengatur kecepatan motor dengan transistor tersebut bisa mengatur putaran motor DC dari posisi diam sampai kecepatan maksimum. Dengan cara mengatur jumlah pasokan tegangan yang mengalir ke motor.

(d) Rangkaian Power Supply AC to DC



Gambar 4.13 Rangkaian Power Supply
Sumber: Peneliti (2017)

Rangkaian *power supply* yang digunakan dalam penelitian terdapat 2 rangkaian *power supply*. Kedua rangkaian *power supply* di-supply oleh satu sumber tegangan AC 220 V namun keluaran *power supply* tersebut berbeda yaitu 12 Volt DC dengan kuat arus 3 Ampere dan 12 Volt dengan kuat arus 1 Ampere.

5. PENUTUP

a. Simpulan

Hasil keluaran dan analisa penelitian dari beberapa *system* bertujuan supaya pengoperasian pada *container crane* dapat bergerak lebih fleksibel serta keselamatan kerja dapat terpenuhi. Maka dapat ditarik kesimpulan diantaranya:

1. Penambahan *system double trolley* dan *system cable track* menjadikan perge-

rakan *electric container crane* dapat lebih fleksibel.

2. Program *ladder* dengan menggabungkan beberapa sistem yang ada pada *spreader* ke dalam sistem *gantry* dan *trolley* pada PLC Omron tipe CP1E E20SDR-A sebagai pengontrol sistem pengaman cukup efektif dalam merespon gangguan alat saat beroperasi sehingga meminimalkan resiko kecelakaan.

b. Saran

Pada kegiatan bongkar muat dipelabuhan setiap tahun terus mengalami peningkatan. Diharapkan penelitian serta perkembangan sarana bongkar muat dipelabuhan seperti *container crane* harus dilanjutkan supaya setiap tahun *container crane* dapat ditingkatkan performanya dan tentunya kegiatan bongkar muat *container* dapat dengan cepat ditangani.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, 2015. Pengenalan Dasar PLC. <https://anwarmekatronikapens.wordpress.com/2015/04/22/plc/>. 05/03/17 20.35
- Budiyanto, M dan Wijaya, A., 2003. *Pengenalan Dasar-Dasar PLC*. Gaya Media. Yogyakarta.
- Bolton, W., 2004. *Programmable Logic Controller (PLC)*. Erlangga. Jakarta
- Dickson Kho, 2015. komponen Elektronika. <http://teknikelektronika.com/pengertian-saklar-listrik-cara-kerjanya/>. 07/03/17 10.15
- Fahmizal, 2011. Driver Motor DC pada Robot Beroda dengan Konfigurasi H-BRIDGE. MOSFET. <https://fahmizaleits.wordpress.com/2011/12/04/driver-motordc-pada-robot-beroda-dengan-konfigurasi-h-bridge-mosfet/>. 04/05/17 20.31.
- Omron. 2013. General Specifications. <https://www.ia.omron.com/products/family/2064/specification.html>. 05/03/17 20.35.
- Rahmawati Ati. 2015. Pengertian dan Jenis Alat Berat Crane. <http://alat-berat07.blogspot.co.id/2015/11/pengerti>

- an-dan-jenis-alat-berat-crane.html*.
05/03/17. 20.01
- Rayen, 2015. Sensor Proximity.
<https://rayendente.wordpress.com/2015/06/22/sensor-proximity/>. 07/05/17
13.31.
- Rudenko, N. 1992. *Mesin Pemindah Bahan*.
(Edisi terjemahan) Cetakan pertama.
Erlangga. Jakarta.
- Sania, 2015. Instruksi-instruksi Dasar Pada
PLC.
<http://saniawd.blogspot.co.id/2015/05/instruksi-instruksi-dasar-pada-plc.html>.
6/5/17 20.10.
- Sumanto, 1994. *Mesin Arus Searah*. ANDI
OFFSET. Yogyakarta.
- Wicaksono, H., 2009. *Programmable Logic
controller, Teori Pemrograman dan
Aplikasinya dalam otomasi sistem*.
Graha Ilmu. Yogyakarta
- Wijayanto dan Susatio. 2012. *Pengertian
Gantry Crane*.
- Zuhal, 1998. *Dasar Teknik Tenaga
Listrik dan Elektronika Daya*. Gramedia.
Jakarta