



TUGAS AKHIR - ME 141501

**ANALISA SISTEM WARD LEONARD PADA
CONTAINER CRANE di PELABUHAN**

**MASRULI
NRP 4211 100 072**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T, M.Sc.**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**



FINAL PROJECT - ME 141501

**WARD LEONARD SYSTEM ANALYSIS OF
CONTAINER CRANE in PORT**

**MASRULI
NRP 4211 100 072**

Supervisor :

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc

Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T, M.Sc.

**DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya 2016**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA SISTEM WARD LEONARD PADA CONTAINER CRANE di PELABUHAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Marine Electrical And Automation System
(MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
MASRULI
4211 100 072

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Ir. Sardono Sarwito, M.Sc
2. Dr. Eddy Setyo Koenhardono, S.T, M.Sc.

()
()

Surabaya
Juli 2016

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA SISTEM WARD LEONARD PADA CONTAINER CRANE di PELABUHAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Electrical And Automation System
(MEAS)

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

MASRULI

4211 100 072

Disetujui oleh Ketua Jurusan



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T, M.T

NIP. 1987 0802 2008 01 1007

Surabaya

Juli 2016

ANALISA SISTEM WARD LEONARD PADA KONTAINER CRANE di PELABUHAN

Nama Mahasiswa : Masruli
NRP : 4211 100 072
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Eddy Setyo Koehardono, S.T, M.Sc.

ABSTRAK

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energy listrik menjadi energy mekanik (gerak). Motor arus searah (motor DC) telah ada selama lebih dari seabad dan sudah banyak digunakan pada dunia maritim. Salah satu aplikasi motor DC adalah digunakan untuk container crane. Kontainer crane merupakan salah satu peralatan yang sangat penting dalam proses bongkar muat kapal di pelabuhan. Berbagai inovasi dilakukan untuk meningkatkan efisiensi bongkar muat kapal sehingga keuntungan yang didapatkan oleh pelabuhan dapat ditingkatkan. Salah satunya pada pengaturan kecepatan motor sesuai dengan beban container. System Ward Leonard adalah salah satu sistem pengaturan putaran motor DC dengan mengatur tegangan terminal. Tujuan dari penelitian ini adalah Menganalisa sistem Ward Leonard mengenai wiring dan juga komponen-komponen yang digunakan pada system tersebut. Thyristor atau sering disebut SCR berfungsi untuk mengubah arus ac menjadi dc dan juga bisa mengatur tegangan keluaran dengan cara merubah sudut kisi dengan mengatur potensiometer sehingga tegangan akan bisa dinaik-turunkan sesuai dengan beban dan juga spesifikasi dari motor yang digunakan. Pada tugas akhir ini didapatkan hasil sudut penyalan thyristor pada motor traverse trolley pada beban 40 Ton adalah $58,36^{\circ}$ dengan tegangan masuk 148,667 Volt dan daya 28,99 Watt. Kemudian pada motor main hoist didapat hasil sudut penyalan thyristor pada

beban 40 Ton adalah 129,4⁰ dengan tegangan 124,32 Volt dan daya 105,54 Watt. Pada beban yang sama pada motor boom hoist diperoleh sudut penyalan thyristor 150,79⁰ dengan tegangan 71,4 Volt, daya 19,99 Watt dan kecepatan motor 209,98 rpm. Pada motor ganty travel didapatkan sudut penyalan thyristor 8,2⁰ dengan tegangan 209,98 Volt, daya 26,1 Watt dan kecepatan motor 1669,54 dengan beban 40 Ton.

Kata kunci : Sistem Ward leonard, Thyristor, Tegangan, Kecepatan, Arus, Motor DC, Sudut Penyalan Thyristor.

WARD LEONARD SYSTEM ANALYSIS OF CONTAINER CRANE in PORT

Name : Masruli
NRP : 4211 100 072
Department : Marine Engineering
Supervisor : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
Eddy Setyo Koehardono, S.T, M.Sc.

ABSTRACT

The electric motor is a tool to convert electrical energy into mechanical energy (motion). Direct current motors (DC motors) have existed for over a century and has been widely used in the maritime world. One application of a DC motor is used for container cranes. Container crane is one of the essential equipment in the process of loading and unloading of ships in the harbor. Various innovations made to improve the efficiency of loading and unloading the ship so that the gains by the harbor can be improved. One of them on motor speed setting according to the load container. Ward Leonard System is one of the DC motor rotation control system to regulate the voltage terminal. The purpose of this study is Analyzing Ward Leonard system on wiring and components used in the system. Thyristor or SCR berfunsi often referred to compose ac current into dc and could also regulate the output voltage by means merubah grating angle by adjusting potentiometer so that the voltage will be raised and lowered according to the load and also the specifications of the motor is used. In this thesis showed thyristor firing angle of the motor on the traverse trolley load of 40 tons is 58.360 to 148.667 Volt input voltages and power 28.99 watts. Then in the main hoist motors results obtained thyristor firing angle on the load of 40 tons is 129.40 with 124.32 voltage

power Volt and Watt 105.54. At the same load on the boom hoist motors obtained 150.790 thyristor firing angle with voltage 71,4 Volt, 19.99 Watt power and speed of 209.98 rpm motors. In the motor travel ganty thyristor firing angle is obtained with a voltage of 8.20 volts 209.98, 26.1 Watt power and motor speed 1669.54 with a load of 40 tons.

Keywords: System Ward leonard, thyristor, voltage, speed, flow, DC motors, thyristor ignition angle.

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| ABSTRAK..... | viii |
| ABSTRACT..... | xi |
| KATA PENGANTAR | xiii |
| DAFTAR ISI..... | xv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xix |
| DAFTAR TABEL | xxi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 LatarBelakang | 1 |
| 1.2 PerumusanMasalah | 1 |
| 1.3 Tujuan Penulisan..... | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| 1.5 Manfaat Tugas Akhir | 3 |
| 1.6 SistematikaPenulisan..... | 3 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1.Pengertian Container Crane | 5 |
| 2.2 Motor DC | 9 |
| 2.3 Thyristor..... | 16 |
| 2.3.1 Pengertian Thyristor..... | 16 |
| 2.3.2 Gambar dan Bentuk Thyristor..... | 18 |
| 2.3.3 Prinsip Kerja Thyristor..... | 18 |
| 2.3.4 Ciri-Ciri Thyristor | 19 |
| 2.4 Rumusa untuk Perhitungan | 20 |
| | |
| BAB III METODOLOGI | 25 |
| 3.1 Diagram Alir | 25 |
| 3.2 Penjelasan Diagram Alir | 26 |

| | |
|---|-----------|
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 29 |
| 4.1 Data Spesifikasi Crane | 29 |
| 4.2 Gambar Rangkaian Wiring..... | 36 |
| 4.2.1 Main Hoist Motor..... | 36 |
| 4.2.2 Boom Hoist Motor | 37 |
| 4.2.2 Trolley Traverse Motor | 38 |
| 4.2.2 Gantry Travel Motor | 39 |
| 4.3 Penjelasan Gambar dan Komponen Wiring | 40 |
| 4.4 Pembahasan Wiring Diagram..... | 47 |
| | |
| BAB V KESIMPULAN | |
| 5.1 Kesimpulan | 69 |
| 5.2 Saran..... | 71 |

DAFTAR PUSTAKA
BIODATA

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Daya dan Resistor pada Motor Trolley Traverse..... | 54 |
| Tabel 4.2 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalaan thyristor Pada motor Trolley Traverse..... | 56 |
| Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Daya dan Resistor pada Motor Main Hoist..... | 59 |
| Tabel 4.4 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalaan thyristor Pada motor Main Hoist | 59 |
| Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Daya dan Resistor pada Motor Boom Hoist..... | 62 |
| Tabel 4.6 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalaan thyristor Pada motor Boom Hoist | 62 |
| Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Daya dan Resistor pada Motor Gantry Travel..... | 65 |
| Tabel 4.8 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalaan thyristor Pada motor Gantry Travel | 65 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Crane container yang sedang bongkar muat container dari kapal | 6 |
| Gambar 2.2 bagian utama kontainer crane..... | 7 |
| Gambar 2.3 Gerakan Pada Container Crane | 9 |
| Gambar 2.4 Motor DC sederhana | 10 |
| Gambar 2.5 Konstruksi motor DC | 10 |
| Gambar 2.6 Motor DC eksitasi terpisah..... | 11 |
| Gambar 2.7 Motor DC Shunt..... | 12 |
| Gambar 2.8 Motor DC Seri..... | 13 |
| Gambar 2.9 Motor DC Compound | 13 |
| Gambar 2.10 Sistem Ward Leonard..... | 15 |
| Gambar 2.11 Symbol dan bentuk thyristor | 18 |
| Gambar 2.12 Rangkaian thyristor | 19 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir (Flowchart) | 26 |
| Gambar 4.1.1 Cable Reel Container Crane Power Source.. | 29 |
| Gambar 4.1.2 Diesel Generator | 30 |
| Gambar 4.1.3 Transformator..... | 31 |
| Gambar 4.1.4 Motor Main Hoist..... | 32 |
| Gambar 4.1.5 Motor Trolley Traverse | 33 |
| Gambar 4.1.6 Motor Boom Gantry Travel | 34 |
| Gambar 4.1.6 Motor Boom Hoist | 35 |
| Gambar 4.2.1 Wiring Diagram Main Hoist | 36 |
| Gambar 4.2.2 Wiring Diagram Boom Hoist | 37 |
| Gambar 4.2.1 Wiring Diagram Trolley Traverse..... | 38 |
| Gambar 4.2.1 Wiring Diagram Boom Gantry..... | 39 |
| Gambar 4.3.1 Simbol Motor, Generator, Mcb dan Trafo | 40 |
| Gambar 4.3.2 Rangkaian Delta | 42 |
| Gambar 4.3.3 Simbol Thyristor dan Resistor | 42 |
| Gambar 4.3.4 Simbol Thyristor | 44 |
| Gambar 4.3.5 Simbol Mcb, Inductor, Voltmeter Saklar dan Resistor | 45 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4.3.6 Simbol Ampere Meter, RLC, Saklar, Motor DC dan Resistor | 46 |
| Gambar 4.4.1 Tegangan 3 Phase..... | 47 |
| Gambar 4.4.2 Gelombang Sinusoida Tegangan Bolak-Balik | 48 |
| Gambar 4.4.3 Gelombang sinusoida tegangan bolak-balik | 48 |
| Gambar 4.4.4 <i>Gelombang sinusoida tegangan searah</i> | 49 |
| Gambar 4.4.5 Gelombang sinusoida tegangan searah menjadi 3 kali lipat | 49 |
| Gambar 4.4.6 Pengaturan tegangan | 50 |
| Gambar 4.4.7 Grafik beban container vs sudut penyalan thyristor pada motor trolley traverse | 57 |
| Gambar 4.4.8 Sudut penyalan pada motor trolley traverse | 58 |
| Gambar 4.4.9 Grafik beban container vs sudut penyalan thyristor pada motor main hoist..... | 60 |
| Gambar 4.4.10 Sudut penyalan pada motor main hoist | 61 |
| Gambar 4.4.11 Grafik beban container vs sudut penyalan thyristor pda motor boom hoist..... | 63 |
| Gambar 4.4.12 Sudut penyalan pada motor boom hoist ... | 64 |
| Gambar 4.4.13 Grafik beban container vs sudut penyalan thyristor pda motor gantry travel | 66 |
| Gambar 4.4.14 Sudut penyalan pada motor Gantry Travel | 67 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energy listrik menjadi energy mekanik (gerak). Motor listrik ini sudah banyak digunakan pada kehidupan sehari-hari. Contohnya untuk mixer, bor listrik, fan angin, pompa, kompresor dan sebagainya.

Salah satu dari motor listrik adalah motor listrik DC. Pada saat ini mesin listrik DC memiliki peranan penting dalam memenuhi tuntutan dunia industri, dikarenakan konstruksi mesin DC yang bisa dikatakan lebih kompleks bila dibandingkan dengan mesin-mesin listrik lainnya.

Salah satu pemanfaatan motor DC di dunia marine adalah pada penggunaan kontainer crane. Pada pengaplikasiannya, motor DC yang ada di container crane digunakan pada 3 fungsi yaitu sebagai *Hoist Motor*, *Gantry Motor*, dan *Trolley Motor*. Seperti yang diketahui pada container crane baik yang ada dikapal maupun yang ada dipelabuhan sangatlah penting kegunaannya dalam bongkar maupun muat kontainer untuk kapal kontainer.

1.2 Perumusan Masalah

Untuk bisa menghasilkan gerakan crane container yang maksimal maka dibutuhkan sistem control sistem tegangan agar didapatkan kecepatan crane yang sesuai dengan beban. Dalam hal ini sistem penggerak crane adalah motor DC sehingga kecepatan motor dapat diatur berdasarkan tegangan masukan ke motor. Permasalahannya adalah bagaimana sistem yang mengatur tegangan seperti pada sistem Ward Leonard.

1.3 Tujuan Penulisan

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut :

1. Mempelajari karakteristik tegangan pada motor DC.
2. Menganalisa sistem Ward Leonard tentang pengaturan putaran pada motor DC.
3. Mengetahui control putaran motor DC pada container crane beserta komponen-komponen listrik serta cara kerjanya.

1.4 Batasan Masalah

Batasan permasalahan pada tugas akhir ini antara lain:

1. Analisa dilakukan pada crane yang menggunakan sistem ward leonard.
2. Analisa hanya pada sistem Ward Leonard.
3. Analisa hanya difokuskan pada wiring crane yang menggunakan sistem ward leonard.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik tegangan pada motor DC.
2. Memperoleh data untuk analisa pemanfaatan putaran motor DC pada crane kapal.

3. Mengetahui cara kerja sistem Ward Leonard beserta komponen pendukungnya.

I.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Halaman Judul

Lembar Pengesahan

Abstrak

Kata Pengantar

Daftar Isi

Daftar Tabel

Daftar Lampiran

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang penulisan, perumusan masalah, pembatasan masalah dan tujuan dari Skripsi

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori-teori yang berhubungan.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dibahas metodologi yang digunakan dalam mengerjakan skripsi.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas pengolahan data, analisa data, perbandingan numerik dengan eksperimen serta menyelesaikan permasalahan yang diangkat

sebagai topik dalam skripsi dan hasil-hasil yang didapat.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran-saran.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Container Crane

Container Crane , sering juga disebut Quayside Crane atau Gantry Crane adalah peralatan bongkar muat yang berfungsi untuk membongkar atau memuat peti kemas / Container dari kapal ke Dermaga / daratan.

Sejarah Container Crane dimulai pada saat membuat Container Crane untuk perusahaan Matson pada tahun 1958. Crane tersebut masih menggunakan “ A-Frame”. Setelah itu perusahaan Crane dari Eropa mulai masuk dan menjual Container Crane di pasaran. Setelah itu pada akhir tahun 60 an dan awal tahun 70 an, perusahaan Crane dari Jepang mulai memasuki pasar Container Crane. Hal tersebut diikuti oleh perusahaan dari Korea Selatan. Perkembangan terakhir adalah perusahaan Crane dari China yang dipimpin oleh ZPMC masuk ke pasar dan merebut banyak order di Dunia karena harga yang ditawarkan sangat bersaing.

Pada saat ini container crane banyak digunakan di pelabuhan-pelabuhan di seluruh dunia untuk menaik-turunkan container dari kapal container. Hal tersebut sangat membantu dalam kegiatan bongkar muat. Adanya container crane sangat mempercepat proses bongkar muat container sehingga kapal yang singgah bisa lebih cepat. Hal tersebut sangat membantu dalam kelancaran transportasi barang. Seperti pada gambar 2.1 proses bongkar muat container.



Gambar 2.1 Crane container yang sedang bongkar muat container dari kapal

Sumber : beritatrans.com

Pada container crane di bagi menjadi beberapa bagian. seperti gambar 2.2. pada gambar ini menunjukkan beberapa bagian container crane, tetapi pada bahasan kali ini hanya memfokuskan pada bagian listrik khususnya tentang motor DC yaitu:

1. Hoist adalah bagian untuk menggerakkan spreader untuk mengangkat beban.
2. Trolley adalah bagian untuk menggerakkan hoist.
3. Gantry adalah bagian untuk menggerakkan crane secara horizontal.
4. Boom hoist adalah bagian untuk memanjang dan memendekkan trolley untuk menjangkau beban.



Gambar 2.2. bagian utama kontainer crane.

Sumber : beritatrans.com

Penggunaan motor listrik pada kontainer crane dibagi menjadi beberapa gerakan, antara lain :

a. Gerakan Trolley

Gerakan maju mundur ruang operator beserta spreader pada jalurnya dan diatur oleh joystick. User program yang telah dibuat sebelumnya untuk mengatur kecepatan motor listrik pada trolley menjadikan data analog arus dari joystick sebagai masukan program dan menghasilkan output yang bervariasi untuk menggerakkan motor listrik pada trolley. Pengukuran posisi trolley dari titik netral (zero point) pada jalur trolley.

Pergerakan motor listrik pada trolley kemudian feedback yang kemudian dijadikan sebagai masukan dalam pengukuran kecepatan yang sebenarnya pada

motor trolley. Pada motor trolley juga terdapat over speed switch sebagai penanda bahwa kecepatan motor trolley melebihi kecepatan yang diperbolehkan.

b. Gerakan Hoist

Gerakan naik turun spreader dilakukan oleh motor hoist. Ketika joystick digerakan pada arah bersilangan dengan arah maju mundur trolley, maka motor pada hoist akan membuat posisi spreader naik turun. Posisi hoist diukur dari posisi saat spreader masih terhubung pada tempatnya. Seperti pada trolley, setiap pergerakan joystick menghasilkan arus yang bervariasi dan data besar arus ini menjadikannya informasi untuk mengatur kecepatan pada motor hoist. User program untuk mengatur kecepatan motor hoist menjadikan data arus ini sebagai masukan program dan menghasilkan output yang bervariasi untuk menggerakkan driver hoist.

c. Gerakan Gantry

Meskipun motor gantry tidak berada pada ruang mesin, tetapi kendali kecepatan dan pengaktifannya tetap dilakukan oleh driver yang berada di ruang elektrik. Setiap pergerakan joystick oleh operator menghasilkan arus yang bervariasi dan data besar ini menjadikannya untuk mengatur kecepatan motor listrik pada gantry. Gerakan gantry adalah kekiri dan kekanan pada gantry area sepanjang dermaga. Pada saat gantry bergerak, sirine akan menyala sebagai peringatan bagi orang-orang yang berada pada gantry area untuk berhati-hati.

Untuk melihat detailnya dapat dilihat pada gambar 2.3 gerakan pada container crane.



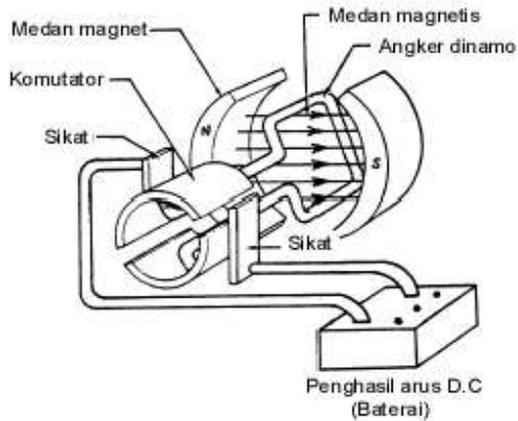
Gambar 2.3. Gerakan Pada Container Crane.

Sumber :

http://www.maritimejournal.com/data/assets/image/mj20040901_48.jpg

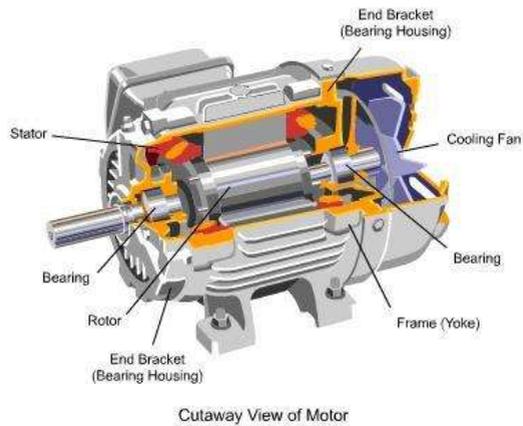
2.2 Motor DC

Motor DC (Arus Searah) adalah mesin yang mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak yang berupa putaran rotor. Motor DC tersusun dari dua bagian yaitu bagian diam (stator) dan bagian bergerak (rotor). Untuk melihat bagian-bagian lebih detainya dapat dilihat pada gambar 2.4 motor DC sederhana beserta sistem sederhananya. Kemudian untuk melihat konstruksi motor DC dilihat pada gambar 2.5 konstruksi motor DC.



Gambar 2.4 Motor DC sederhana

Sumber: zoniaelekto.net



Cutaway View of Motor

Gambar 2.5. Konstruksi motor DC

Sumber: zoniaelekto.net

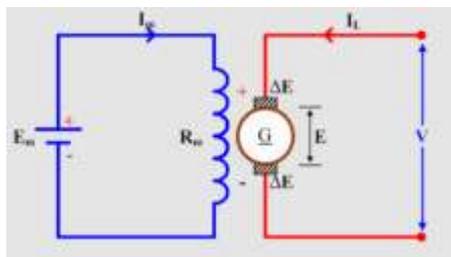
Prinsip kerja motor listrik didasarkan oleh hukum Gaya Lorentz dan kaidah tangan kiri Flemming yang menyatakan bahwa apabila konduktor yang dialiri arus listrik ditempatkan pada medan magnet maka konduktor tersebut akan mengalami gaya. Medan magnet yang ditimbulkan berupa garis-garis gaya magnet yang mengalir dari kutub utara ke selatan. Pada saat ada arus yang masuk ke dalam motor melalui kutub-kutub motor maka akan terjadi momen kopel yang akan memberikan *force* (gaya) untuk memutar motor.

Jenis Motor DC

Motor DC berdasarkan sistem eksitasinya dibagi menjadi dua jenis, yaitu motor dengan eksitasi terpisah dan motor dengan eksitasi sendiri.

1. Motor DC dengan eksitasi terpisah

Pada motor DC eksitasi terpisah, arus eksitasi diperoleh dari sumber DC diluar motor, kumparan medan dihubungkan dengan sumber sendiri. Berikut ini gambaran motor DC dengan eksitasi terpisah ditunjukkan pada gambar 2.6.



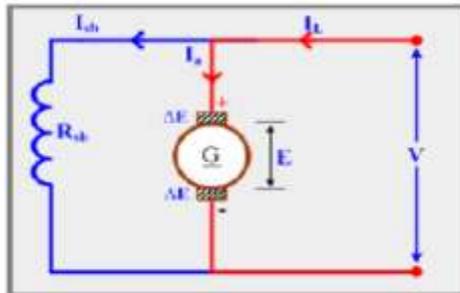
Gambar 2.6. Motor DC eksitasi terpisah

Sumber: zoniaelektro.net

2. Motor DC dengan eksitasi sendiri

Pada motor DC eksitasi sendiri, arus eksitasi disuplai oleh satu sumber DC. Motor DC jenis ini terbagi menjadi motor DC shunt, motor DC seri dan motor DC compound. Bentuk rangkaian antara kumparan jangkar dan kumparan medan yang membedakan jenis motornya. Jenis motor DC eksitasi sendiri dengan rangkaianya yaitu :

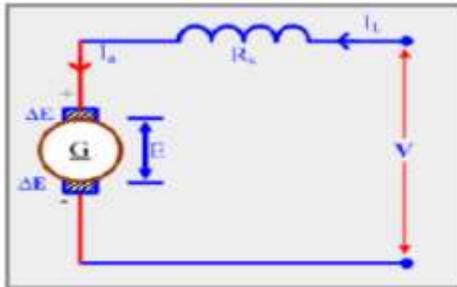
- A. Motor DC Shunt, adalah sebuah motor DC yang kumparan medannya tersambung secara paralel dengan kumparan jangkarnya. Berikut ini gambaran motor DC shunt ditunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Motor DC Shunt

Sumber : Sumber: zonialekto.net

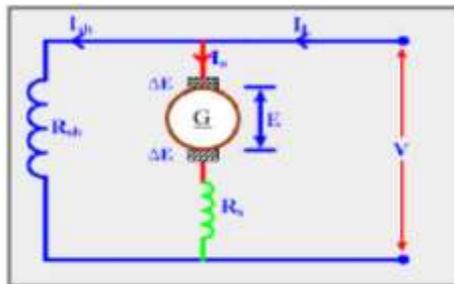
- B. Motor DC Seri, adalah sebuah motor DC yang kumparan medannya tersambung secara seri dengan kumparan jangkarnya. Berikut ini gambaran motor DC seri ditunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Motor DC Seri

Sumber: zonialekto.net

- C. Motor DC Compound, adalah sebuah motor DC yang kumparan medannya tersambung secara seri dan paralel dengan kumparan jangkarnya. Berikut ini gambaran motor DC compound ditunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Motor DC Compound

Sumber: zonialekto.net

(Sumber : Zuhail. Dasar Tenaga Listrik. ITB. Bandung. 1991)

Kontrol motor DC

Motor DC memiliki teknik kendali kecepatan yang relative lebih mudah jika dibandingkan dengan motor AC. Kendali kecepatan motor DC dapat dilakukan dengan parameter sesuai persamaan sebagai berikut :

$$N = \frac{Vt - Ia.Ra}{K\phi}$$

(Sumber : Zuhail. Dasar Tenaga Listrik. ITB. Bandung. 1991)

Dimana V_t = Tegangan terminal
 I_a = Arus pada armature
 R_a = Resistansi pada armature
 K = koefisien motor
 N = Kecepatan putar motor

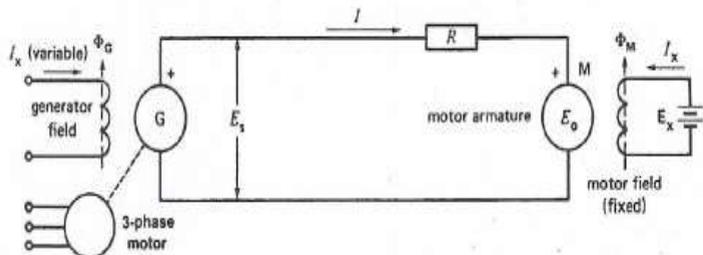
Motor DC mempunyai 3 cara untuk mengendalikan kecepatan yaitu:

1. Mengendalikan ϕ (fluks) di kutub-kutub magnet motor, yaitu dengan mengatur nilai tegangan kumparan medan/stator (V). Metode ini memiliki karakteristik sebagai berikut :
 - a. Rugi panas yang dihasilkan kecil
 - b. Metode ini hanya bisa diaplikasikan di motor DC shunt dan motor DC compound
2. Melakukan variasi pada nilai resistansi jangkar dengan menambah resistansi variable yang dirangkai seri dengan resistansi kumparan jangkar (R_a). Metode ini memiliki karakteristik sebagai berikut :

- a. Pengendalian variable resistansi menggunakan rheostat
 - b. Metode ini jarang dipakai karena rugi panas yang dihasilkan tinggi.
3. Mengendalikan besar tegangan terminal di kumparan jangkar (E_a).

Pengendalian dilakukan untuk mengatur tegangan terminal yang mencat motor. Hubungan antara kecepatan motor dengan tegangan terminal adalah berbanding lurus, sehingga semakin kecil tegangan maka kecepatan motor akan menurun.

(Sumber : Zuhul. Dasar Tenaga Listrik. ITB. Bandung. 1991)



Gambar 2.10. Sistem Ward Leonard

Sumber : teknikelektro.com

Pada gambar di atas dapat dilihat bahwa motor field dapat divariasikan dengan menghubungkan motor armature M ke excited variable – voltage dc generator G yang berbeda. Field excitation dari motor tetap dijaga tetap konstan, tetapi generator I_x bisa divariasikan dari nol sampai maksimum dan bahkan sebaliknya. Oleh sebab itu generator output voltage E_s bisa divariasikan dari nol sampai maksimum, baik dalam polaritas positif maupun

negatif. Oleh karena itu, kecepatan motor dapat divariasikan dari nol sampai maksimum dalam dua arah. Metode speed control ini, dikenal sebagai sistem Ward-Leonard, ditemukan di pabrik baja (steel mills), lift bertingkat, pertambangan, dan pabrik kertas. Dalam instalasi modern, generator sering digantikan dengan high-power electronic converter yang mengubah ac power dari listrik ke dc.

(Sumber : Zuhail. Dasar Tenaga Listrik. ITB. Bandung. 1991)

Ward-Leonard sistem lebih dari sekadar cara sederhana dengan menerapkan suatu variabel dc ke armature dari motor dc. Hal tersebut benar-benar dapat memaksa motor untuk mengembangkan torsi dan kecepatan yang dibutuhkan oleh beban. Contohnya, misalkan E_s disesuaikan dengan sedikit lebih tinggi daripada E_o dari motor. Arus akan mengalir dengan arah sesuai dengan gambar di atas, dan motor mengembangkan torsi yang positif. Armature dari motor menyerap power karena I mengalir ke terminal positif.

2.3 Thyristor

2.3.1 Pengertian Thyristor

Pengertian thyristor atau SCR adalah Dioda yang memiliki fungsi sebagai pengendali. Berbeda dengan Dioda pada umumnya yang hanya mempunyai 2 kaki terminal, SCR adalah dioda yang memiliki 3 kaki Terminal. Kaki Terminal ke-3 pada SCR tersebut dinamai dengan Terminal “Gate” atau “Gerbang” yang berfungsi sebagai

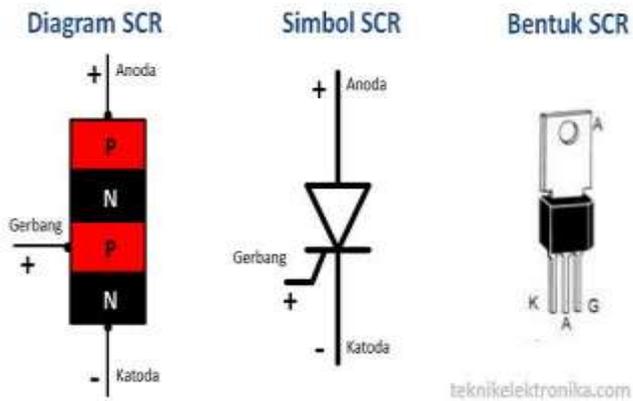
pengendali (Control), sedangkan kaki lainnya sama seperti Dioda pada umumnya yaitu Terminal “Anoda” dan Terminal “Katoda”. Silicon Controlled Rectifier (SCR) merupakan salah satu dari anggota kelompok komponen Thyristor.

Silicon Controlled Rectifier (SCR) atau Thyristor pertama kali diperkenalkan secara komersial pada tahun 1956. SCR memiliki kemampuan untuk mengendalikan Tegangan dan daya yang relatif tinggi dalam suatu perangkat kecil. Oleh karena itu SCR atau Thyristor sering difungsikan sebagai Saklar (Switch) ataupun Pengendali (Controller) dalam Rangkaian Elektronika yang menggunakan Tegangan / Arus menengah-tinggi (Medium-High Power). Beberapa aplikasi SCR di rangkaian elektronika diantaranya seperti rangkaian Lampu Dimmer, rangkaian Logika, rangkaian osilator, rangkaian chopper, rangkaian pengendali kecepatan motor, rangkaian inverter, rangkaian timer dan lain sebagainya.

Pada dasarnya SCR atau Thyristor terdiri dari 4 lapis Semikonduktor yaitu PNPN (Positif Negatif Positif Negatif) atau sering disebut dengan PNPN Trioda. Terminal “Gate” yang berfungsi sebagai pengendali terletak di lapisan bahan tipe-P yang berdekatan dengan Kaki Terminal “Katoda”. Cara kerja sebuah SCR hampir sama dengan sambungan dua buah bipolar transistor (bipolar junction transistor).

2.3.2 Gambar dan Bentuk Thyristor

Berikut ini adalah Diagram fisik dan Simbol dari SCR (Silicon Controlled Rectifier).



Gambar 2.11. Symbol dan bentuk thyristor
Sumber : teknikelektro.com

2.3.3 Prinsip Kerja SCR

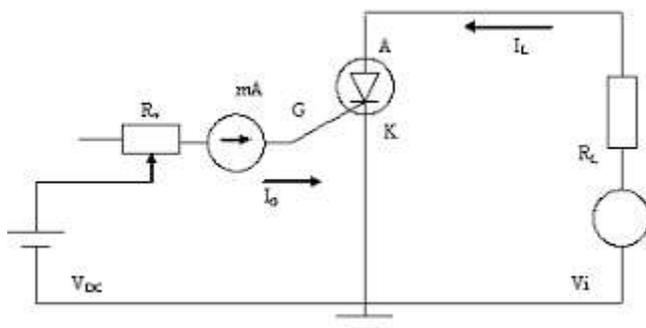
Pada prinsipnya, cara kerja SCR sama seperti dioda normal, namun SCR memerlukan tegangan positif pada kaki “Gate (Gerbang)” untuk dapat mengaktifkannya. Pada saat kaki Gate diberikan tegangan positif sebagai pemicu (trigger), SCR akan menghantarkan arus listrik dari Anoda (A) ke Katoda (K). Sekali SCR mencapai keadaan “ON” maka selamanya akan ON meskipun tegangan positif yang berfungsi sebagai pemicu

(trigger) tersebut dilepaskan. Untuk membuat SCR menjadi kondisi “OFF”, arus maju Anoda-Katoda harus diturunkan hingga berada pada titik I_h (Holding Current) SCR. Besarnya arus Holding atau I_h sebuah SCR dapat dilihat dari datasheet SCR itu sendiri. Karena masing-masing jenis SCR memiliki arus Holding yang berbeda-beda. Namun, pada dasarnya untuk mengembalikan SCR ke kondisi “OFF”, kita hanya perlu menurunkan tegangan maju Anoda-Katoda ke titik Nol.

2.3.4 Ciri-Ciri Thyristor

Secara umum Thyristor atau SCR mempunyai ciri-ciri atau sifat:

1. Thyristor atau SCR tidak akan bekerja, bila getarnya tidak disulut atau diberi arus positif dari sumber tegangan.
2. Kerja Thyristor atau SCR dengan mengatur sudut penyelikannya atau arus gatannya.
3. Thyristor atau SCR dapat bekerja sebagai saklar atau penyearah.
4. Thyristor atau SCR akan mati bila tegangan anoda-katoda dilepas.



Gambar 2.12. Rangkaian thyristor

Sumber : teknikelektro.com

Dalam rangkaian tersebut tegangan AC digunakan sebagai tegangan anodakatoda pada Thyristor atau SCR. Sedangkan sumber tegangan searah DC dan beban resistor variabel di pasang seri dengankaki gate SCR yang dalam hal ini sebagai terminalpengendali yang berfungsi untuk mengatur arus gate Thyristor atau SCR. Apabila tegangan dan arus pengendali pada kaki gate melebihi tegangan dadal pem- bangkit (Trigger Breakdown Voltage) V_b , maka arus akan mengalir lewat gate Thyristor atau SCR dalam keadaan hidup (on). Dengan terhubungnya kakianoda-katoda tersebut, maka beban listrik akan dialiri arus listrik sehingga motor berputar. Jumlah putaran motor dapat sebanding dengan kenaikan dan penurunan arus gate Thyristor atau SCR. SCR dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan putar, torsi dan daya dengan mengatur arus yang mengalir pada gatenya.

2.4 Rumusan Untuk Perhitungan

Untuk mengetahui besarnya daya, tegangan dan sudut thyristor pada motor DC container crane akan dilakukan perhitungan. Untuk langkah langkah perhitungan, diambil refferensi dari cara perhitungan pengereman dinamik dari **Allen Bradley, PowerFlex Dynamic Braking Resistor Calculator**. Perhitungan Pengereman Dinamik Pada Container crane

1. Perhitungan Total Inertia

Perhitungan total inertia diperlukan digunakan untuk menghitung berapa total inertia yang bekerja pada motor tersebut.

Didapatkan rumusan sebagai berikut :

$$J_T = J_{\square} + (GR^2 \cdot J_L)$$

(sumber: PowerFlex Dynamic Braking Resistor Calculator)

Dimana :

J_T = Total Inertia pada Poros Motor (kgm^2)

J_B = Motor Inertia (kgm^2)

J_L = Inertia Total Oleh Beban Motor (kgm^2)

GR = Gearbox Ratio

2. Perhitungan *Peak Braking Power*

Perhitungan *Peak Braking Power* merupakan perhitungan kebutuhan pengereman maksimal pada saat motor menjadi generator. Berdasarkan rumus yang didapatkan dari *Rockwell automation*, menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Pb = \frac{Jt(wb(wb - w0))}{(t3 - t2)}$$

(*sumber: PowerFlex Dynamic Braking Resistor Calculator*)

Dimana:

Pb = Peak Braking Power (*Watts*)

JT = Total Inertia Pada Poros Motor (kgm^2)

wb = Rated Angular Rotational Speed (*rps*) → 184 *rps*

$w0$ = Angular Rotational Speed (*rps*)

$t3 - t2$ = Waktu Pengereman (*detik*)

Perhitungan lama pengereman didapatkan berdasarkan lama proses penurunan kontainer pada container crane. Dimana perhitungan waktu tersebut didapat dari:

$$t = h/v$$

Dimana

h = Ketinggian Kontainer Crane (*meter*)

→ Dari Spesifikasi kontainer

v = kecepatan ketika Hoisting Down (*m/menit*)

3. Perhitungan Besar Resistor

Sebelum melakukan perhitungan terhadap besar resistor yang akan digunakan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap tegangan yang dihasilkan oleh motor tersebut ketika menjadi generator. Untuk mencari tegangan yang dihasilkan motor ketika menjadi generator didapatkan dengan menggunakan rumusan

$$Eg = vt + I \cdot Rs$$

(sumber: *PowerFlex Dynamic Braking Resistor Calculator*)

Dimana:

vt = Tegangan terminal

I = Arus motor

Rs = Tahanan shunt

Rah = Tahanan armatur

Sehingga didapatkan nilai besaran resistor yang akan digunakan dengan menggunakan rumus daya dibawah ini :

$$R = \frac{Eg^2}{Pb}$$

(sumber: *PowerFlex Dynamic Braking Resistor Calculator*)

Dimana:

R = Resistor (Ω)

Eg = Tegangan yang dihasilkan Motor (V)

Pb = Peak Braking Power($Watts$)

4. Perhitungan tegangan sumber

Perhitungan tegangan sumber merupakan perhitungan kebutuhan tegangan untuk menghasilkan daya yang dibutuhkan pada saat mengangkat beban 40 ton. Perhitungannya dengan menggunakan rumus:

$$Pb = V I_m \longrightarrow V = Pb / I_m$$

Dimana:

V = Tegangan sumber

I_m = Arus pada motor

5. Perhitungan kecepatan motor

Perhitungan ini untuk mendapatkan nilai kecepatan motor DC ketika beban tertentu. Sebelum melakukan perhitungan terhadap besarnya kecepatan motor maka menghitung kontanta motor dan fluks motor dengan menggunakan beban maksimum sesuai dengan spesifikasi dengan rumus:

$$n = \frac{V_t - (I_a \times R_a)}{C\phi}$$

(Sumber : Zuhail. Dasar Tenaga Listrik. ITB. Bandung. 1991)

Dimana;

n = kecepatan motor

V_t = tegangan terminal

I_a = arus jangkar

R_a = tahanan jangkar

C = konstanta motor

ϕ = fluks motor

sebelum menghitung konstanta dan fluks dilakukan perhitungan arus jangka dengan rumus:

$$I_a = I_L - I_f$$

(Sumber : Zuhail. Dasar Tenaga Listrik. ITB. Bandung. 1991)

Dimana :

I_a = arus jangkar

I_L = arus beban penuh

I_f = arus medan

6. Menentukan Sudut Penyalaan Thyristor
perhitungan ini untuk penentuan sudut penyalaan pada
thyristor sesuai dengan kebutuhan beban.

$$\text{Sudut} = 180 \left(V_t \times \frac{180}{V_m} \right)$$

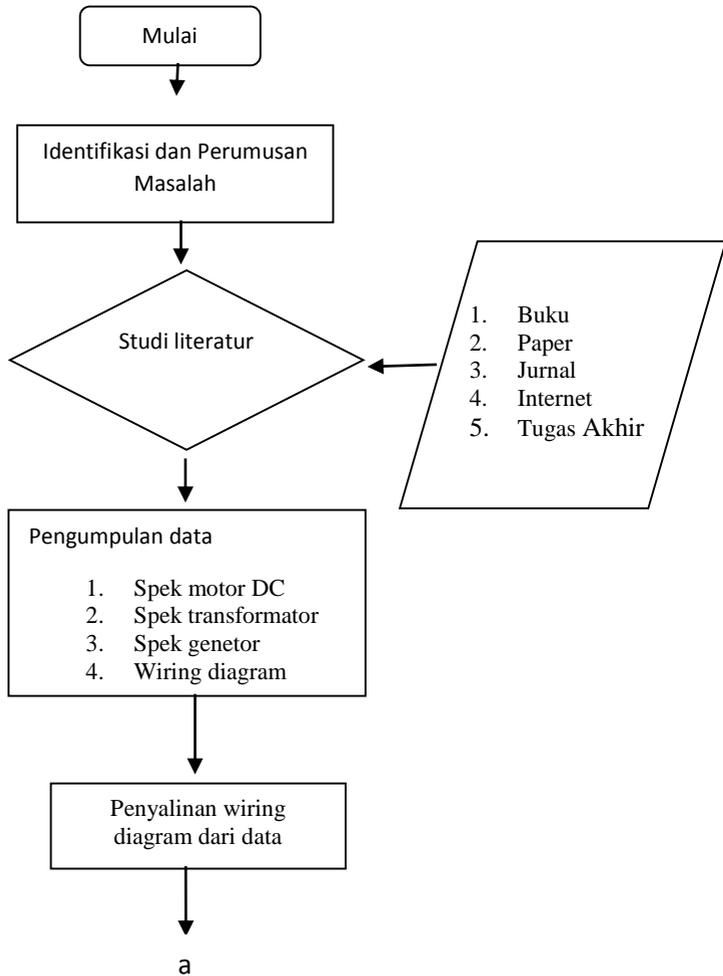
Dimana:

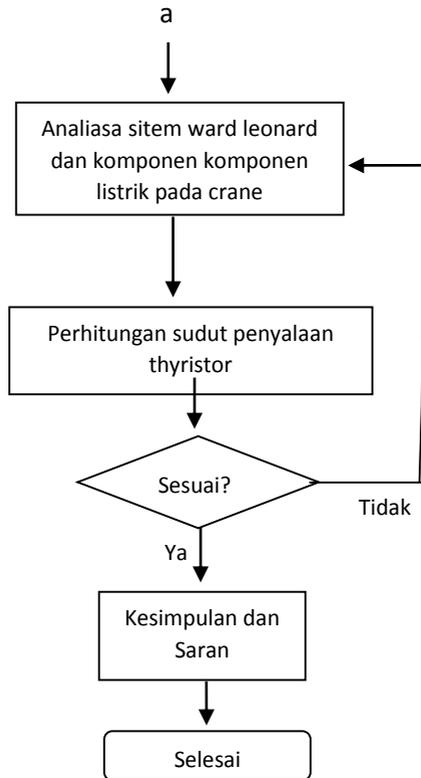
V_t = tegangan terminal

V_m = tegangan motor

BAB III METODOLOGI

III.1 Diagram Alir





Gambar 3.1 Bagan *Flowchart* metodologi

III.2 Penjelasan Diagram Alir

Metode penelitian bertujuan untuk membuat suatu kerangka dasar penyelesaian terhadap permasalahan yang diteliti dimana berisi tentang langkah – langkah yang akan dilakukan untuk menyelesaikan penelitian. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah analisa, dimana akan dilakukan

analisa berdasarkan dari data wiring diagram mengenai system Ward Leonard pada crane container dan juga cara kerja dari system tersebut. Bukan hanya itu saja tapi nanti juga ada penjelasan mengenai komponen-komponen apa saja yang digunakan pada sitem Ward Leonard. Tahapan yang akan dilakukan sebagai berikut:

1. Identifikasi dan perumusan masalah
Pada tahap ini dilakukan indentifikasi mengenai cara kerja sitem Ward Leonard pada crane container dan dilakukan penidentifikasi masalah mengenai jenis driver pengaturan kecepatan menggunakan driver converter.
2. Studi Literatur
Padda tahapan ini dillakukan studi literatur dengan tujuan untuk mengetahui dan merangkum mengenai teori dasar, cara kerja dan penjelasan mengenai sistem yang akan diteliti, serta untuk memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur ini dapat diperoleh dari buku, jurnal, tugas akhir, paper atau dari internet yang mendukung bahasan dari tugas akhir ini. Selain itu bisa juga dengan melakukan tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten dalam tugas akhir ini.
3. Pengumpulan data
Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data pendukung untuk mengetahui data-data apa saja yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Adapun data yang yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

Data spesifikasi motor -motor listrik.

Data daya generator.

Data transformator.

Data wiring diagram crane container

4. Penyalinan wiring dari data
Pada tahap ini akan dibuatkan wiring diagram dari data kemudian dilengkapi dengan komponen yang ada.
5. Analisa sistem Ward Leonard
Pada tahapan ini dilakukan analisa mengenai cara kerja system Ward leonard dan Analisa komponen-komponen listrik pada system Ward Leonard.
6. Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya, tegangan dan penyalan sudut thyristor.
7. Kesimpulan dan saran
Pada tahapan ini akan dilakukan pembuatan kesimpulan berdasarkan analisa system.

BAB IV

ANALISA DATA dan PEMBAHASAN

4.1 Data Spesifikasi Crane

Ada beberapa bagian-bagian terpenting yang ada pada container crane antara lain adalah sebagai berikut.

1. Sumber Listrik

Pada dasarnya, sebuah container crane memerlukan sumber listrik yang digunakan untuk memasok kebutuhan listrik bagi motor penggerak yang bekerja pada container crane. Ada dua macam sumber yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan kontainer crane, antara lain dengan menggunakan sumber dari PLN maupun dengan memasang diesel generator pada kontainer crane.



Gambar 4.1.1 Cable Reel Container Crane Power Source

Sumber :

http://www.conductix.com/fancybox/public/motor_driven_reel_sts.jpg

Gambar diatas ini merupakan jenis pasokan daya yang diambil langsung dari sumber listrik yang dihasilkan oleh PLN.

Kabel akan menggulung dan mengulur ketika kontainer crane melakukan pergerakan *gantry*.



Gambar 4.12 Diesel generator

(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

Selain dengan menggunakan *cable reel* yang berfungsi sebagai sumber dari arus listrik pada container crane, sumber listrik dapat didapatkan dengan menggunakan *diesel generator* yang dipasang di bagian bawah crane. Data spesifikasi dari generator adalah

| | |
|----------|------------|
| Daya | : 1250 KVA |
| Tegangan | : 460 V |
| Phase | : 3 |

2. Transformator

Untuk menyesuaikan tegangan yang dihasilkan oleh generator maupun sumber arus listrik dengan kebutuhan komponen komponen elektrik yang ada di container crane maka diperlukan beberapa transformator. Ada dua buah:

spesifikasi transformator yang pertama:

| | |
|-----------|-----------|
| Kapasitas | : 800 kVa |
| Phase | : 3 Phase |
| Frequency | : 60 Hz |

Tahun Pembuatan : 1985
Input Tegangan : 3300 V
Output Tegangan : 460 V

spesifikasi transformator yang kedua:

Jenis Transformator : Step Down
Model : 56 – 150 / 0,5
Capacity : 150 kVa
Input : 460 V
Output : 220 V / 100 kVa ; 200 V / 50 kVa
Rate output Current : 262,4 A ; 1443 A
Frequency : 60 Hz
Weight : 853 Kg
Standard : Q/zt 525
Insulated Class : F Date : 2010 . 05
Merk : Zhejiang Chint Electronics.



Gambar 4.13 Transformator

(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

3. Thyristor

Setelah arus listrik melewati transformator,
dikarenakan motor yang digunakan merupakan motor DC

maka diperlukan thyristor ataupun dc reactor untuk mengubah arus ac menjadi dc dan juga bisa mengatur tegangan yang masuk.

4. Motor DC

Motor DC digunakan dalam beberapa macam. Antara lain adalah sebagai berikut.

a. Motor Hoist

Pada motor hoist ini, motor dc digunakan untuk menggerakkan spreader (alat untuk menjepit kontainer) secara vertikal. Berikut ini merupakan spesifikasi motor hoist pada crane container:

| | |
|------------|----------------|
| Type | : 6B DR KW |
| Daya | : 370 kW |
| Tegangan | : 440 VDC |
| Rpm | : 1590 rpm |
| Arus motor | : 840 A |
| Arus | : 18.2 / 6.3 A |
| Ri | : 6,92 ohm |
| Ra | : 0,0133 ohm |
| Rint | : 0,0104 ohm. |



Gambar 4.14 motor main hoist

(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

b. Motor Trolley

Motor DC yang digunakan untuk melakukan pergerakan secara trolley yaitu pergerakan menuju ke laut dan ke darat secara horizontal. Ada spesifikasi untuk motor trolley adalah sebagai berikut.

| | |
|------------------|------------|
| Type | : GFER-OW |
| Field | : separate |
| Daya | : 37 kW |
| Rating | : 60% |
| Rpm | : 1750 rpm |
| Tegangan | : 220 v |
| Arus motor | : 195 A |
| Arus Medan | : 2,6 A |
| Tegangan (Field) | : 90V |



Gambar 4.15 motor trolley traverse

(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

c. Motor Gantry

Motor DC yang digunakan untuk melakukan pergerakan secara gantry yaitu pergerakan sepanjang dermaga secara horizontal. Ada spesifikasi untuk motor gantry adalah sebagai berikut.

| | |
|-------|------------|
| Type | : GEE IR-0 |
| Field | : Separate |
| Daya | : 13 kW |

| | |
|--------------|---------------|
| Rating | : 30 min |
| Rpm | : 1750 rpm |
| Tegangan | : 220 V |
| Arus Jangkar | : 67,5 A |
| Arus medan | J1-K1 : 2,6 A |
| | J2-K2 : 2,6 A |



Gambar 4.16 motor boom gantry travel

(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

d. Motor Boom Hoist

Motor DC ini digunakan untuk memanjangkan jangkauan ke laut. Spesifikasi untuk motor boom hoist adalah sebagai berikut:

| | |
|------------|---------------|
| Daya | : 110 kW |
| Tegangan | : 440 VDC |
| Rpm | : 1750 rpm |
| Arus | : 280 A |
| Arus field | : 4,32 A |
| Ra | : 0,0676 ohm |
| Rint | : 0,0578 ohm. |

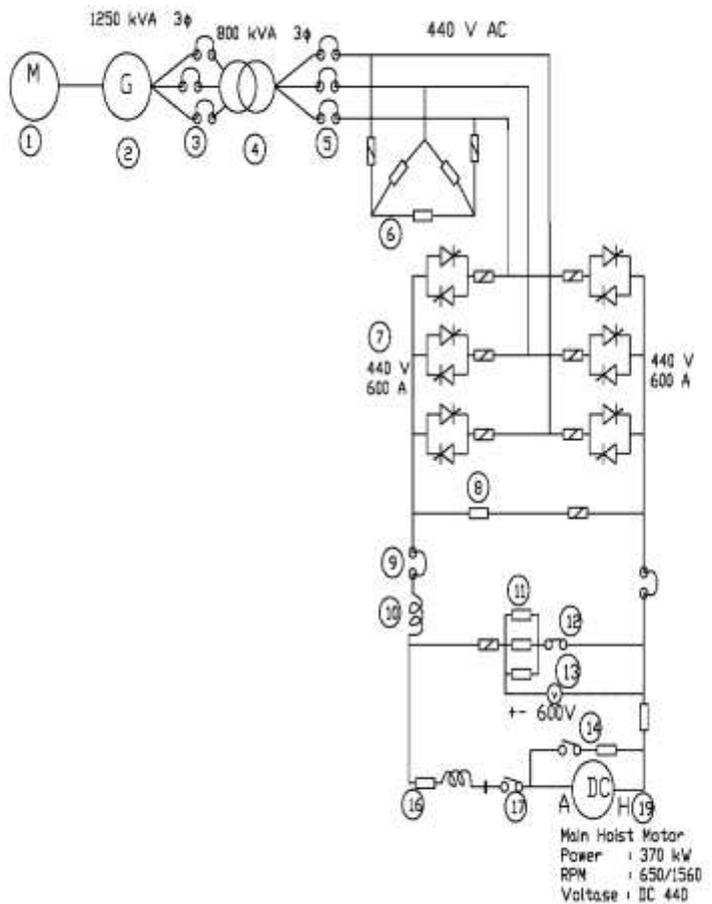


Gambar 4.17 motor boom hoist

(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

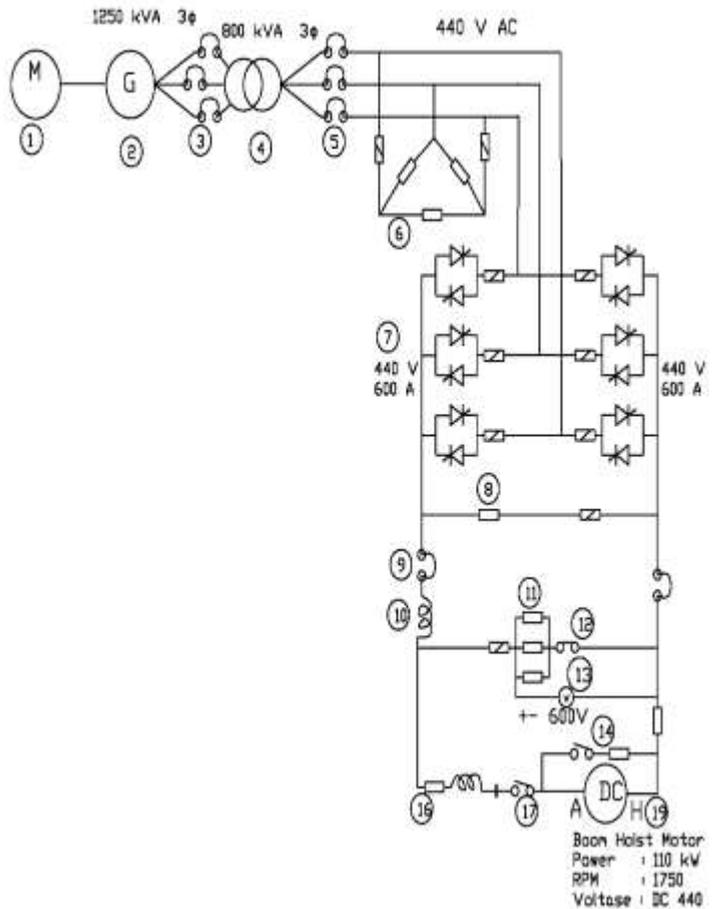
4.2 Gambar Rangkaian Wiring

4.2.1 Main Hoist Motor



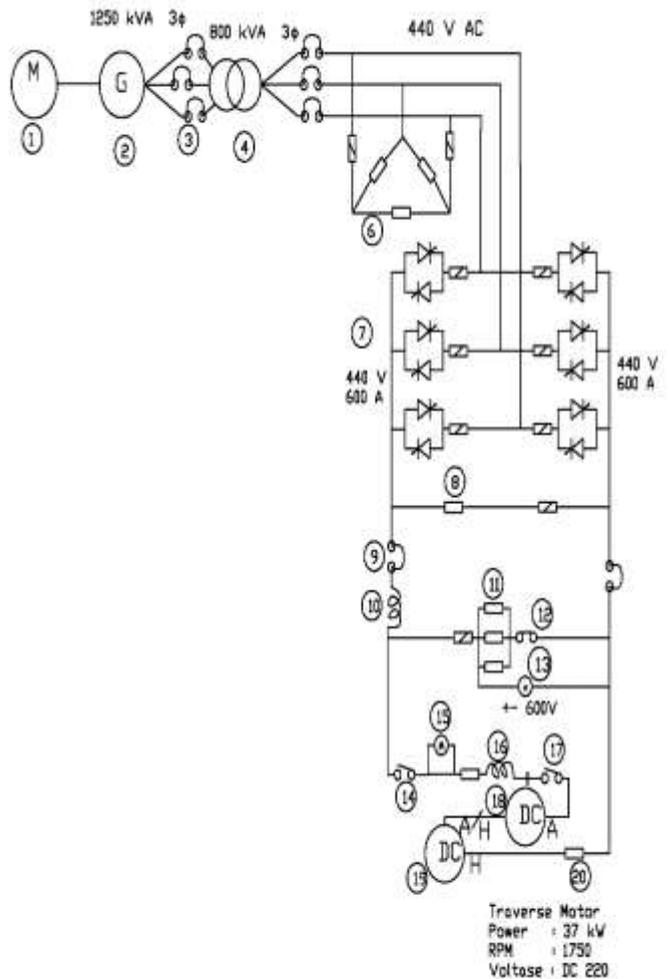
Gambar 4.2.1 : Wiring Diagram Main Hoist
 Sumber: *Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III*. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010

.2.2 Motor Boom Hoist



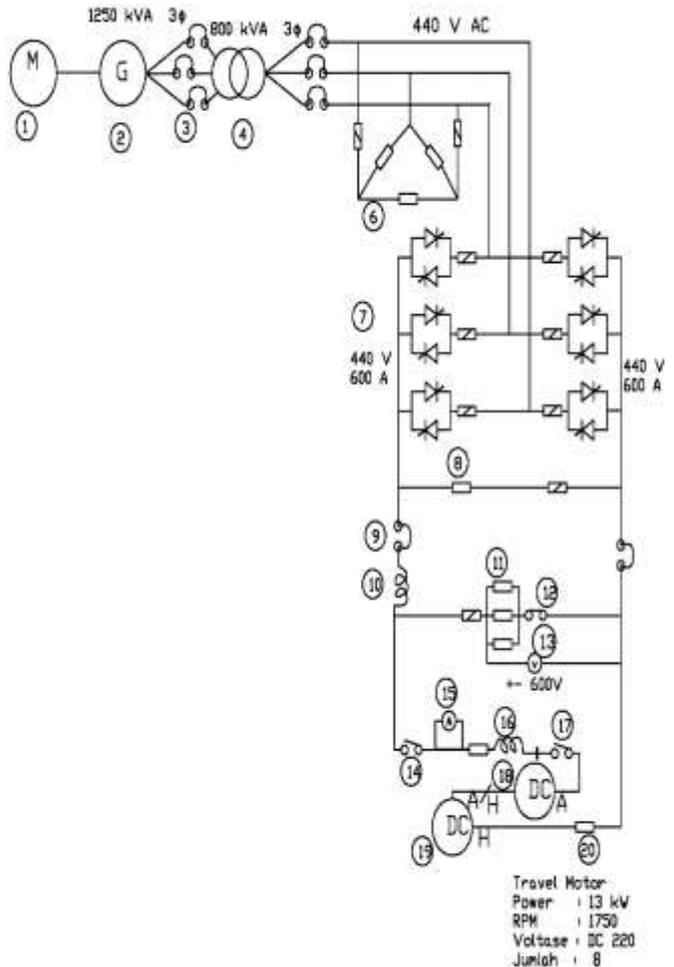
Gambar 4.2.2 : Wiring Diagram Boom Hoist
 Sumber: *Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III*. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010

4.2.3 Motor Trolley Traverse



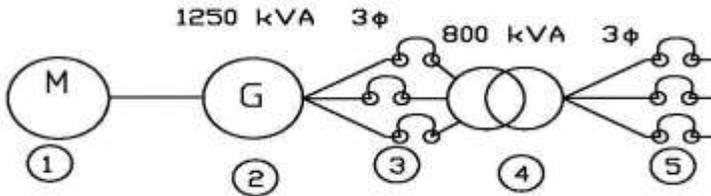
Gambar 4.2.3 : Wiring Diagram Trolley Traverse
 Sumber: *Final Drawing Electrical Part For PT.
 Pelabuhan Indonesia III*. Mitsui Engineering
 and Shipbuilding. Tokyo.2010

4.2.4 Motor Boom Gantry Travel



Gambar 4.2.4 : Wiring Diagram Boom Gantry Travel
 Sumber: *Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III*. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010

4.3 Penjelasan Gambar dan Komponen Wiring

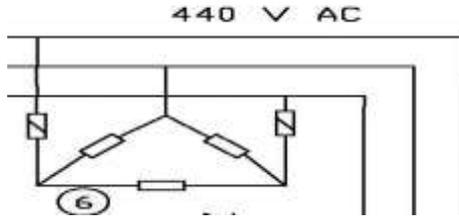


Gambar 4.3.1 simbol motor, generator, mcb dan trafo

Sumber: *Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III*. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010

Pada angka nomor 1 adalah motor diesel, fungsinya untuk merubah energy kimia menjadi energy mekanik berupa putaran yang mana putaran tersebut digunakan untuk memutar rotor generator untuk menghasilkan energy listrik. Kemudian pada angka nomor 2 adalah Generator, fungsinya untuk merubah energy gerak menjadi energy listrik, prinsip kerjanya sesuai dengan hukum Faraday “Medan magnet yang mengalir pada besi akan menimbulkan gaya gerak listrik”. Dalam container crane ini menjadi sumber utama. Spesifikasi dari generator adalah tegangan 460 V, daya 1250 V dan 3 phase. Setelah generator dibutuhkan sebuah pemangam untuk melindungi dari lonjakan arus yang berlebihan alat tersebut adalah MCB yang ditunjukkan pada angka 3, berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (over current), pada rangkaian ini MCB dipasang untuk menghindari bila tranformator ada kerusakan atau terjadi lonjakan arus. Terjadinya arus lebih ini, mungkin disebabkan oleh beberapa gejala, seperti: hubung singkat (short circuit) dan beban lebih (overload). Prinsip kerja MCB adalah ketika ada arus lebih

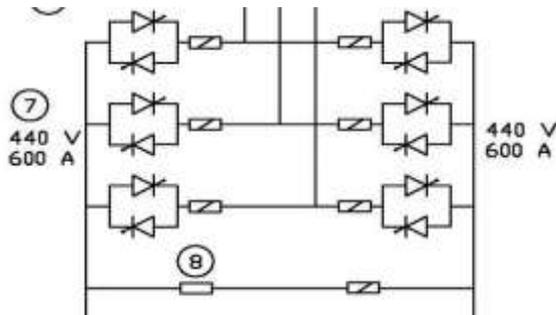
maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal, saat terkena panas bimetal akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (Trip). Selain bimetal, pada MCB biasanya juga terdapat solenoid yang akan mengtripkan MCB ketika terjadi grounding (ground fault) atau hubung singkat (short circuit). Kemudian setelah adanya pengaman ada alat untuk menaik turunkan tegangan. Alat tersebut adalah Transformator ditunjukkan pada angka 4, berfungsi untuk menurunkan dan menaikkan nilai tegangan dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Suatu transformator akan bekerja jika terhubung dengan tegangan bolak balik. Suatu transformator terdiri dari lilitan primer dan sekunder yang dililitkan pada inti baja yang sama. Dalam rangkaian ini menggunakan transformator step down 3 fase, daya 800 KVA dan tegangan 3300/460 V untuk menurunkan tegangan dari generator. Karena untuk menaikkan arus dan juga untuk kebutuhan start motor sehingga dipasang transformator. Prinsip kerja dari transformator ada 2 macam, yang pertama adalah bahwa arus listrik dapat menciptakan medan magnet (prinsip elektromagnetik) dan kumparan kabel atau kawat akan secara otomatis mengubah aliran magnetik yang diciptakannya. Perubahan aliran magnetik ini kemudian menginduksi tegangan pada kumparan yang kedua. Kemudian setelah transformator dibutuhkan pengaman lagi untuk melindungi transformator alat tersebut adalah MCB yang ditunjukkan angka 5 berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (over current), pada rangkaian ini MCB dipasang untuk menghindari lonjakan arus dari motor DC tepatnya melindungi transformator.



Gambar 4.3.2 rangkaian delta

Sumber: *Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III*. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010.

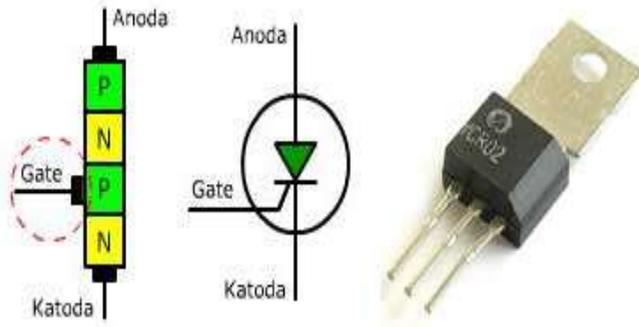
Setelah MCB ada Rangkaian delta yang ditunjukkan angka 6 berfungsi menerima tegangan sesuai dengan fasanya. Pada rangkaian fasa dari tegangan sekunder 440V AC jadi pada rangkaian delta akan tetap 440V AC.



Gambar 4.3.3 simbol thyristor dan resistor

Sumber: *Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III*. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010.

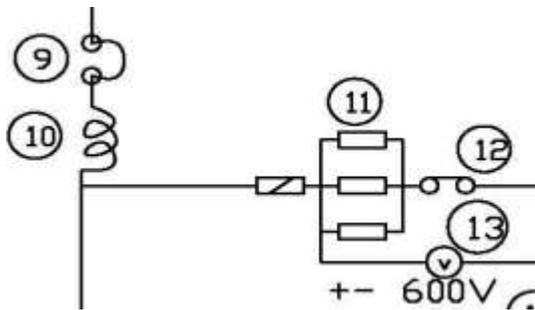
Kemudian setelah rangkaian delta ada komponen Thyristor atau sering disebut SCR yang ditunjukkan angka 7, berfungsi untuk mengubah arus ac menjadi dc. Thyristor terbagi menjadi 3 bagian yaitu anode, katode dan gate, dan ada 4 lapisan semikonduktor yaitu PNP (Positif Negatif Positif Negatif) atau sering disebut dengan PNP Trioda. Terminal “Gate” yang berfungsi sebagai pengendali terletak di lapisan bahan tipe-P yang berdekatan dengan Kaki Terminal “Katoda”. Pada prinsipnya, cara kerja SCR sama seperti dioda normal, namun SCR memerlukan tegangan positif pada kaki “Gate (Gerbang)” untuk dapat mengaktifkannya. Pada saat kaki Gate diberikan tegangan positif sebagai pemicu (trigger), SCR akan menghantarkan arus listrik dari Anoda (A) ke Katoda (K). Sekali SCR mencapai keadaan “ON” maka selamanya akan ON meskipun tegangan positif yang berfungsi sebagai pemicu (trigger) tersebut dilepaskan. Untuk membuat SCR menjadi kondisi “OFF”, arus maju Anoda-Katoda harus diturunkan hingga berada pada titik I_h (Holding Current) SCR. Besarnya arus Holding atau I_h sebuah SCR dapat dilihat dari datasheet SCR itu sendiri. Karena masing-masing jenis SCR memiliki arus Holding yang berbeda-beda. Namun, pada dasarnya untuk mengembalikan SCR ke kondisi “OFF”, kita hanya perlu menurunkan tegangan maju Anoda-Katoda ke titik Nol. Pada bagian inilah adanya pengaturan tegangan sesuai dengan kebutuhan motor.



Gambar 4.3.4 Thyristor

Sumber : academia.edu

Kemudian setelah adanya pengaturan tegangan ada komponen Resistor yang ditunjukkan angka 8 berfungsi untuk menahan arus yang mengalir dalam rangkaian listrik. Pada rangkaian ini dipasang seri untuk memperbesar hambatan arus dc dari thyristor ke motor DC. Cara kerja dari resistor adalah menghambat arus yang mengalir dari ujung kutub yang satu ke ujung kutub yang lain dengan nilai hambatan bervariasi sesuai yang tertera pada resistor tersebut yang kemudian arus dialirkan lagi ke komponen elektronika yang membutuhkan arus lebih kecil sehingga komponen elektronika ini dapat terpelihara keawetannya.

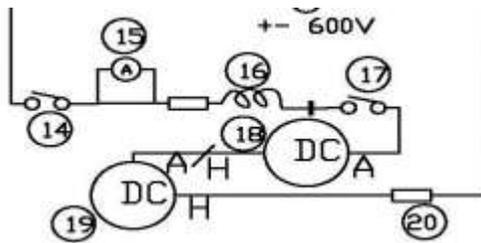


Gambar 4.3.5 simbol mcb, inductor, voltmeter saklar dan resistor

Sumber: Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010.

Setelah resistor ada pengaman MCB yang ditunjukkan angka 9, berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (over current). Pada rangkaian ini melindungi inductor dari tegangan thyristor. Kemudian ada filter Inductor yang ditunjukkan angka 10, berfungsi untuk menghasilkan medan magnet ketika dialiri arus listrik. Pada rangkaian ini digunakan untuk menginduksi arus dari thyristor. Dan juga menyaring arus ac agar tidak melewati rangkaian dan melewatkan arus dc. Setelah adanya komponen inductor kemudian ada komponen Resistor yang ditunjukkan dengan angka 11 berfungsi untuk menahan arus atau pembagi tegangan yang mengalir dalam rangkaian listrik. Pada rangkaian ini di pasang parallel. Pada gambar rangkaian menahan arus dari dan juga bisa membagi tegangan thyristor ke motor DC. Kemudian ada komponen Saklar yang ditunjukkan angka 12, berfungsi memutus atau menyambung rangakaian listrik. Pada rangkaian

dipasang saklar normali close. Pada rangkaian saklar menghubungkan antara resistor dengan mcb. Kemudian ada alat ukur Voltmeter yang ditunjukkan angka 13, berfungsi untuk mengukur tegangan atau voltase dari suatu rangkaian. Pada angka 14 ada saklar lagi yang berfungsi memutus atau menyambung rangakaian listrik. Pada rangkaian dipasang saklar normali open. Pada rangkaian saklar menghubungkan antara motor DC dengan resistor.



Gambar 4.3.6 simbol ampere meter, RLC, saklar, motor DC dan resistor

Sumber: Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010.

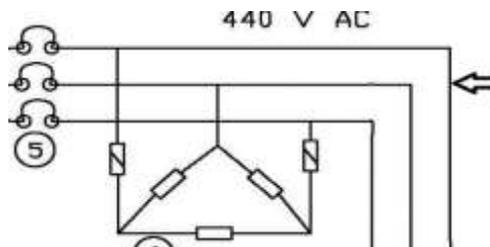
Kemudian pada angka 15 ada alat ukur arus listrik yaitu Ampere Meter, berfungsi untuk mengukur arus yang masuk dari thyristor ke motor DC.

Setelah itu adanya filter dengan dirangkaian RLC yang ditunjukkan angka 16 berfungsi untuk menghasikan hambatan impedansi. Untuk menstabilkan arus dan tegangan yang masuk ke motor DC agar tidak merusak komponen motor. Kemudian ada komponen Saklar lagi yang ditunjukkan angka 17 berfungsi memutus atau menyambung rangkaian listrik. Pada rangkaian

dipasang saklar normali open. Pada rangkaian saklar menghubungkan antara Rangkaian RLC dengan motor. Pada angka 18 dan 19 ada Motor DC berfungsi untuk mengubah energy listrik menjadi energy mekanik. Untuk motor DC ini mempunyai spesifikasi yang berbeda. Pada rangkaian yang memiliki motor DC 2 berarti tegangan motor 220 VDC sedangkan pada rangkaian yang memiliki 1 motor DC tegangan motor 440 VDC. Kemudian komponen terakhir yang ditunjukkan angka 20 adalah Resistor, berfungsi untuk menahan arus yang mengalir dalam rangkaian listrik. Pada rangkaian ini menahan arus dari thyristor.

4.4 Pembahasan Wiring Diagram

Pada pembahasan ini akan menjelaskan wiring diagram dan juga maksud dari wiring diagram tersebut. Berikut penjelasannya.

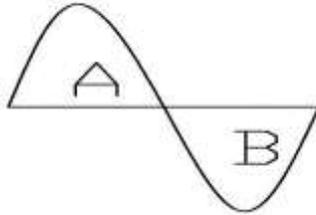


Gambar 4.4.1 tegangan 3 phase

Sumber: Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010.

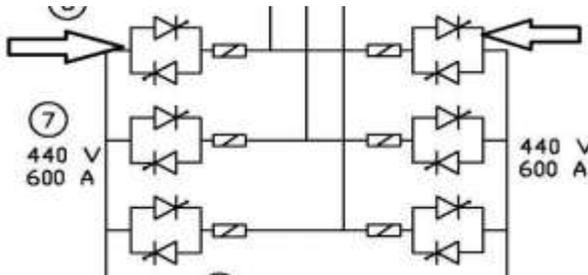
Pada gambar diatas terdapat 3 garis keluaran dari generator kemudian dari transformator dan juga dari mcb. Hal tersebut menandakan bahwa sumber tegangan 3 phase dan juga

tegangannya 440 V AC karena generator yang digunakan adalah generator ac. Pada sumber tegangan bolak-balik terdapat gelombang sinusoida positif dan negative kita misalkan saja gelombang a dan b seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.4.2 Gelombang sinusoida tegangan bolak-balik

Kemudian tegangan bolak-balik tersebut akan memasuki thyristor pada kedua sisi. Seperti gambar di bawah ini.

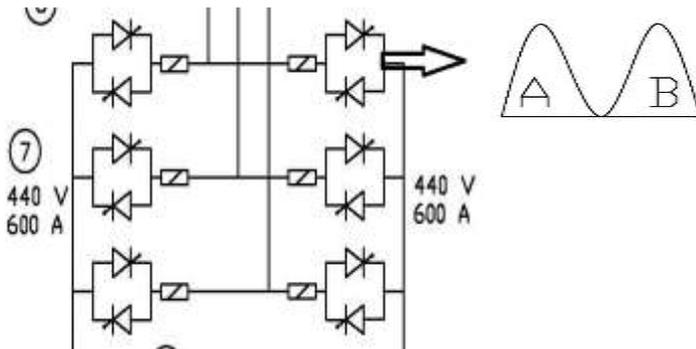


Gambar 4.4.3 Gelombang sinusoida tegangan bolak-balik

Sumber: Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III. Mitsui Engineering and Shipbuilding.

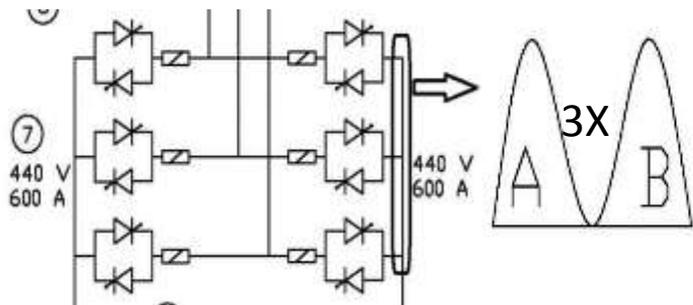
Tokyo.2010.

Setelah tegangan bolak-balik memasuki thyristor maka akan di ubah menjadi tegangan searah.



Gambar 4.4.4 Gelombang sinusoida tegangan searah

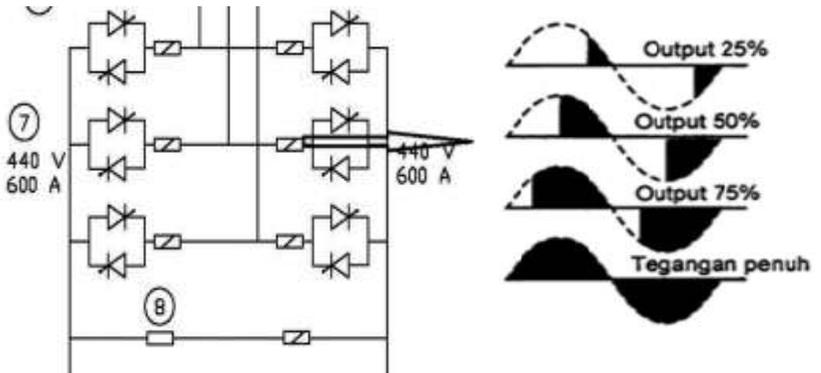
Kemudian karena adanya tegangan yang sama dari keluaran thyristor maka tegangan akan menjadi 3 kali lipat pada kedua sisinya.



Gambar 4.4.5 Gelombang sinusoida tegangan searah menjadi 3 kali lipat

Ketika thyristor terhubung pada sumber tegangan Bolak-balik, thyristor dapat juga digunakan untuk merubah atau mengatur jumlah daya dengan yang diberikan pada beban

dengan cara mengatur tegangan yang masuk. Dengan mengatur nilai resistor variabel, maka kita seolah bisa mengatur sudut penyalaan (firing delay) thyristor. Untuk penyulutan thyristor dengan sumber arus bolak-balik, harus dilakukan secara terus menerus jika sumber ac berhenti menyuplai maka thyristor akan berhenti bekerja.



Gambar 4.4.6 Pengaturan tegangan

Untuk mengetahui besarnya daya, tegangan dan sudut thyristor pada motor Trolley traverse akan dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Perhitungan Pengereman Dinamik Pada Crane Untuk Trolley

1. Perhitungan Total Inertia

Perhitungan total inertia diperlukan digunakan untuk menghitung berapa total inertia yang bekerja pada motor tersebut.

Didapatkan rumusan sebagai berikut :

$$J_T = J_m + (GR^2 \cdot J_L)$$

Dimana :

$J_T =$ Total Inertia pada Poros Motor (kgm^2)

$J_B =$ Motor Inertia (kgm^2)

$J_L =$ Inertia Total Oleh Beban Motor (kgm^2)

$GR =$ Gearbox Ratio

Diketahui

$J_m = 1,6$ (kgm^2) \rightarrow Gearbox Ratio

$GR = 1: 17,945$

Untuk perhitunga J_L maka menggunakan rumusan moment inersia pada silinder pejal, berikut ini merupakan perhitungan dari load inertia pada motor.

Diketahui

$$J_L = 1/2MR^2$$

Dimana.

$J_L =$ Inertia Oleh Bebab Motor (kgm^2)

$M =$ Massa Beban ($40 Ton = 40.000 kg$)

$R =$ Jari-jari Drum ($0,5 m$)

Diperoleh

$$J_L = 1/2 \cdot 40000 \cdot (0,5)^2$$

$$J_L = 5000 kgm^2$$

Sehingga didapatkan nilai dari Total Inersia sebesar:

$$J_T = J_m + (GR^2 \cdot)$$

$$J_T = 1,6 + (0,05572^2 \cdot 5000)$$

$$J_T = 17,123 kgm^2$$

2. Perhitungan *Peak Braking Power*

Perhitungan *Peak Breaking Power* merupakan perhitungan kebutuhan pengeraman maksimal pada saat motor menjadi generator. Berdasarkan rumus

yang didapatkan dari *Rockwell automation*, menggunakan rumus sebagai berikut.

$$P_b = \frac{J_t(w_b(w_b - w_o))}{(t_3 - t_2)}$$

Dimana

P_b = Peak Braking Power (*Watts*)

J_T = Total Inertia Pada Poros Motor (*kgm²*)

w_b = Rated Angular Rotational Speed (*rps*) → 184 *rps*

w_o = Angular Rotational Speed (*rps*)

$t_3 - t_2$ = Waktu Pengereman (*detik*)

Perhitungan lama pengereman didapatkan berdasarkan lama proses penurunan kontainer pada container crane. Dimana perhitungan waktu tersebut didapat dari:

$$t = h/v$$

Dimana

h = Ketinggian Kontainer Crane (*meter*)

→ Dari Spesifikasi kontainer

v = kecepatan ketika Hoisting Down (*m/menit*)

$t = 25,478$

$t = 0,326$ menit

$t = 19,56 \approx 20$ detik

$$P_b = \frac{J_t(w_b(w_b - w_o))}{(t_3 - t_2)}$$

$$P_b = \frac{17,123 \cdot (184(184 - 0))}{(20)}$$

$$P_b = 28.985 \text{ Watts}$$

$$P_b = 28,99 \text{ kW}$$

3. Perhitungan Besar Resistor

Sebelum melakukan perhitungan terhadap besar resistor yang akan digunakan terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap tegangan yang dihasilkan oleh motor tersebut ketika menjadi generator. Untuk mencari tegangan

yang dihasilkan motor ketika menjadi generator didapatkan dengan menggunakan rumusan

$$E_g = v_t + I \cdot R_s$$

$$E_g = 220 + 195 \cdot 0,01308$$

$$E_g = 222,535 \text{ Volt}$$

Sehingga didapatkan nilai besaran resistor yang akan digunakan dengan menggunakan rumus daya dibawah ini :

$$R = \frac{E_g^2}{P_b}$$

Dimana

R = Resistor (Ω)

E_g = Tegangan yang dihasilkan Motor (V)

P_b = Peak Braking Power ($Watts$)

Sehingga didapatkan besaran nilai resistor sebesar:

$$R = \frac{E_g^2}{P_b}$$

$$R = \frac{222,542}{28.990}$$

$$R = 1,708 \Omega$$

Setelah dilakukan perhitungan diatas maka dilakukan juga perhitungan besaran daya dan besaran resistor pada setiap beban kontainer yang divariasikan antara 40T, 30T, 20T, 10T, dan 3,6T. Berikut ini hasil perhitungan tersebut dengan menggunakan rumusan diatas.

(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan daya dan Resistor Pada motor Trolley Traverse

| No | Weight (kg) | GR | Jt | Pb (kW) | R(Ω) |
|----|-------------|----------|-------|---------|---------------|
| 1 | 40000 | 0,055726 | 17,13 | 28,99 | 7,29 |
| 2 | 30000 | 0,055726 | 13,25 | 22,42 | 9,43 |
| 3 | 20000 | 0,055726 | 9,36 | 15,85 | 13,33 |
| 4 | 10000 | 0,055726 | 5,48 | 9,28 | 22,77 |
| 5 | 3600 | 0,055726 | 3,00 | 5,07 | 41,65 |

4. Perhitungan Tegangan Sumber

Perhitungan tegangan sumber merupakan perhitungan kebutuhan tegangan untuk menghasilkan daya yang dibutuhkan pada saat mengangkat beban 40 ton. Perhitungannya dengan menggunakan rumus:

$$P_b = V I_m \longrightarrow V = P_b / I_m$$

Dimana:

V = Tegangan sumber

I_m = Arus pada motor

$$\begin{aligned} V &= 28.990 / 195 \\ &= 148,667 \text{ Volt} \end{aligned}$$

5. Perhitungan kecepatan motor

Perhitungan ini untuk mendapatkan nilai kecepatan motor DC ketika beban tertentu. Sebelum melakukan perhitungan terhadap besarnya kecepatan motor maka menghitung kontanta motor dan fluks motor dengan menggunakan beban maksimum sesuai dengan spesifikasi dengan rumus:

$$n = \frac{V_t - (I_a \times R_a)}{C\phi}$$

Dimana;

n = kecepatan motor

V_t = tegangan terminal

I_a = arus jangkar

R_a = tahanan jangkar

C = konstanta motor

ϕ = fluks motor

sebelum menghitung konstanta dan fluks dilakukan perhitungan arus jangka dengan rumus:

$$I_a = I_L - I_f$$

Dimana :

I_a = arus jangkar

I_L = arus beban penuh

I_f = arus medan

$$I_a = 195 - 2,6$$

$$= 192,4 \text{ A}$$

$$C\phi = \frac{V_t - (I_a \times R_a)}{n} = \frac{220 - (192,4 \times 0,017)}{1750}$$

$$= \frac{220 - 3,27}{1750} = 0,124$$

Kemudian kecepatan motor saat beban 40 ton adalah

$$\begin{aligned} n &= \frac{V_t - (I_a \times R_a)}{C\phi} = \frac{148,667 - (192,4 \times 0,017)}{0,124} \\ &= \frac{148,667 - 3,27}{0,124} = 1174,01 \text{ rpm} \end{aligned}$$

6. Menentukan Sudut Penyalaan Thyristor

perhitungan ini untuk penentuan sudut penyalaan pada thyristor sesuai dengan kebutuhan beban.

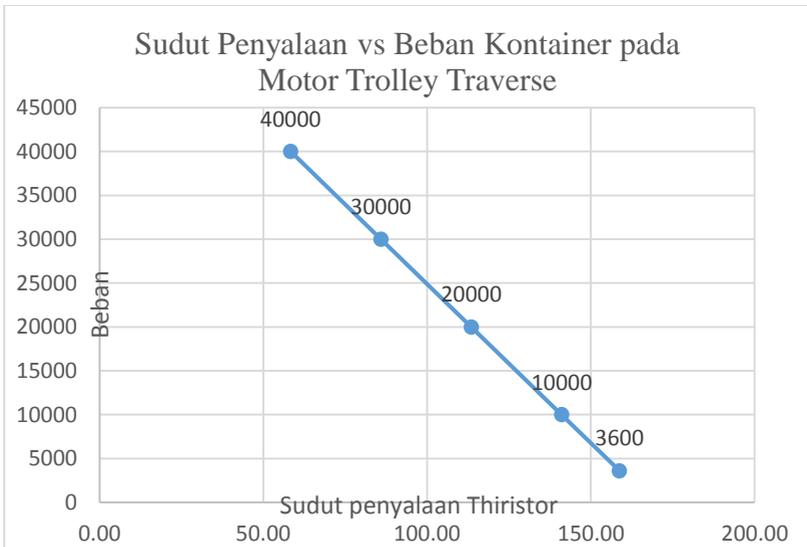
$$\text{Sudut} = 180 - \left(V \times \frac{180}{220} \right) = 180 - \left(148,667 \times \frac{180}{220} \right) = 58,36$$

Setelah dilakukan perhitungan diatas maka dilakukan juga perhitungan besaran tegangan, kecepatan dan besaran sudut penyalaan pada setiap beban kontainer yang divariasikan antara 40T, 30T, 20T, 10T, dan 3,6T. Berikut ini hasil perhitungan tersebut dengan menggunakan rumusan diatas sesuai variasi beban kontainer.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalaan thyristor Pada motor Trolley Traverse

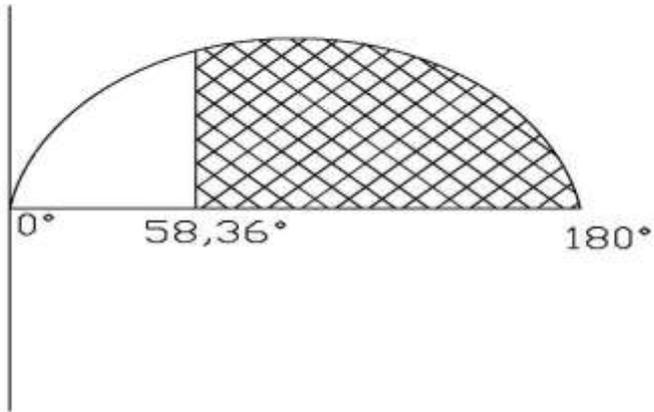
| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalaan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|-----------------|
| 1 | 40000 | 28,99 | 148,667 | 1174,01 | 58,36 |
| 2 | 30000 | 22,42 | 114,97 | 901,96 | 85,93 |
| 3 | 20000 | 15,85 | 81,28 | 629,91 | 113,50 |
| 4 | 10000 | 9,28 | 47,59 | 357,86 | 141,06 |
| 5 | 3600 | 5,07 | 26 | 183,53 | 158,73 |

Setelah kita melihat table 4.2 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalaan thyristor Pada motor Trolley Traverse kita juga membuat grafik perbandingan antara sudut penyalaan thyristor dengan beban container. Sehingga dapat digambarkan dengan menggunakan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4.7 Grafik beban container vs sudut penyalaan thyristor pada motor trolley traverse

Dilihat dari gambar grafik 4.4.7 beban container berbanding dengan sudut penyalaan thyristor, semakin besar beban maka sudut penyalaan thyristor akan semakin kecil. Hal ini karena tegangan yang diberikan semakin besar. Sehingga daya dari container akan bertambah pula. Jika sudut penyalaan semakin diperkecil maka tegangan dan daya semakin besar. Pada system Ward Leonard untuk control putaran menggunakan tegangan masuk pada motor juga dipengaruhi oleh sudut penyalaan pada thyristor, karena bila sudut penyalaan thyristor diperkecil maka putaran motor akan semakin besar. Dan apabila sudut penyalaan semakin diperkecil maka putaran akan semakin naik. Berikut gambaran sudut penyalaan pada thyristor pada motor trolley traverse:



Gambar 4.4.8 Sudut penyalaan pada motor trolley traverse

Pada gambar 4.4.8 Sudut penyalaan pada motor trolley traverse dapat kita bisa lihat bahwa untuk sudut penyalaan $58,36^\circ$ akan menghasilkan tegangan 148,667 Volt, daya 28,99 Watt dan putaran motor 1174,01. Pada keadaan tersebut maka akan dapat memindahkan container dengan beban 40 Ton. Bila sudut penyalaan dijadikan 0° maka akan diperoleh tegangan maksimum motor, daya maksimum motor dan putaran motor, tetapi hal ini tidak dilakukan karena untuk suatu beban container harus disesuaikan dengan kecepatan motor karena waktu memindahkan container harus dengan kecepatan yang selaras anatra beban dan kecepatan. Hal tersebut dimaksudkan untuk menghindari adanya kejadian yang tidak diinginkan, contohnya container jatuh waktu menurunkannya atau tertamrak dengan container lain.

Untuk mengetahui besarnya daya, tegangan dan sudut thyristor pada motor main hoist akan dilakukan perhitungan dengan cara yang sama dengan perhitungan motor trolley traverse sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan daya dan Resistor Pada motor Main Hoist

| No | Weight (kg) | GR | Jt | Pb (kW) | R(Ω) |
|----|-------------|----------|-------|---------|---------------|
| 1 | 40000 | 0,063914 | 66,89 | 105,54 | 2,02 |
| 2 | 30000 | 0,063914 | 53,82 | 84,11 | 2,51 |
| 3 | 20000 | 0,063914 | 40,47 | 63,68 | 3,32 |
| 4 | 10000 | 0,063914 | 27,67 | 43,25 | 4,49 |
| 5 | 3600 | 0,063914 | 19,13 | 30,17 | 7 |

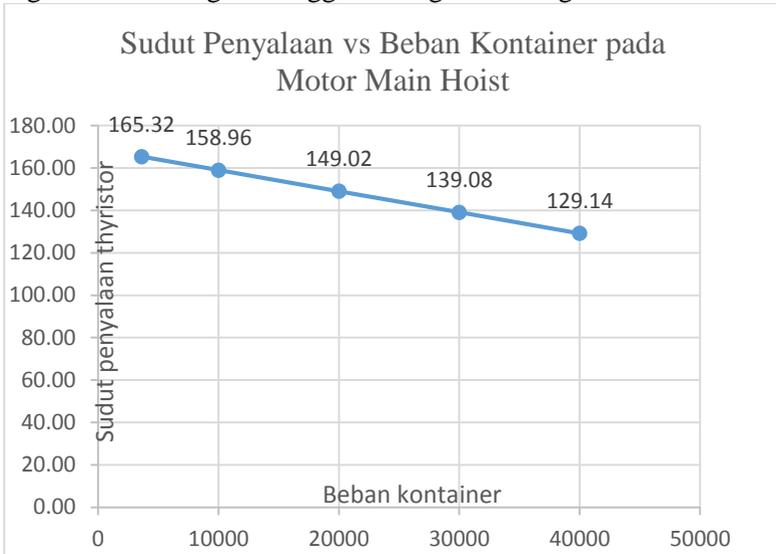
(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalan thyristor Pada motor Main Hoist

| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 1 | 40000 | 105,54 | 124,32 | 418,57 | 129,14 |
| 2 | 30000 | 84,11 | 100,02 | 330,73 | 139,08 |
| 3 | 20000 | 63,68 | 75,73 | 242,88 | 149,02 |
| 4 | 10000 | 43,25 | 51,43 | 155,03 | 158,96 |
| 5 | 3600 | 30,17 | 35,88 | 98,79 | 165,32 |

Setelah kita melihat table 4.3 dan 4.4 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalan thyristor Pada motor main hoist kita juga membuat grafik perbandingan antara sudut penyalan thyristor dengan beban container. Sehingga dapat

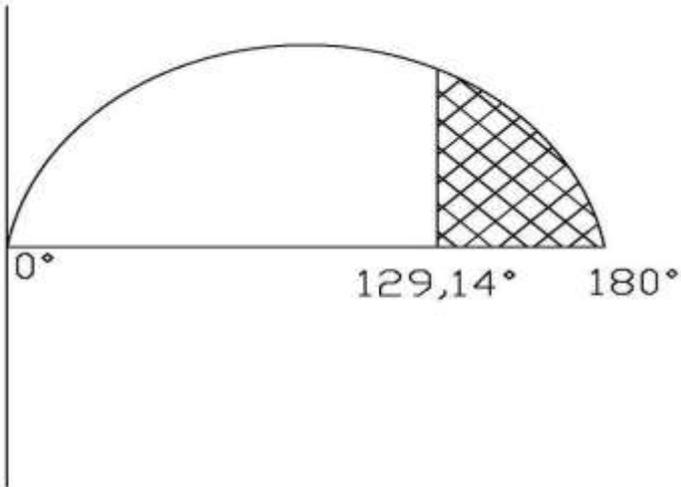
digambarkan dengan menggunakan grafik sebagai berikut:



Gambar 4.4.9 Grafik beban container vs sudut penyalaaan thyristor pada motor main hoist

Dilihat dari gambar grafik 4.4.9 beban container berbanding dengan sudut penyalaaan thyristor, semakin besar beban maka sudut penyalaaan thyristor akan semakin kecil. Sama halnya dengan motor trolley traverse, ketika tegangan yang diberikan semakin besar maka daya dari container akan bertambah pula. Jika sudut penyalaaan semakin diperkecil maka tegangan dan daya semakin besar. Pada system Ward Leonard untuk control putaran menggunakan tegangan masuk pada motor juga dipengaruhi oleh sudut penyalaaan pada thyristor, karena bila sudut penyalaaan thyristor diperkecil maka putaran motor akan semakin besar. Dan apabila sudut penyalaaan semakin diperkecil maka putaran akan semakin naik. Berikut

gambaran sudut penyalaan pada thyristor pada motor main hoist:



Gambar 4.4.10 Sudut penyalaan pada motor main hoist

Pada gambar 4.4.10 Sudut penyalaan pada motor main hoist dapat kita bisa lihat bahwa untuk sudut penyalaan $129,14^\circ$ akan menghasilkan tegangan 124,32 Volt, daya 105,54 Watt dan putaran motor 418,57. Pada keadaan tersebut maka akan dapat memindahkan container dengan beban 40 Ton. Bila sudut penyalaan dijadikan 0° maka akan diperoleh tegangan maksimal motor, daya maksimal motor dan putaran maksimal motor, tetapi hal ini tidak dilakukan karena untuk suatu beban container harus disesuaikan dengan kecepatan motor karena menghindari suatu kejadian yang tidak diinginkan seperti container jatuh atau overheating pada motor sehingga dapat cepat merusak komponen pada container crane. Untuk mendapatkan waktu dan juga keuntungan ekonomis maka dilakukan hal tersebut.

Untuk mengetahui besarnya daya, tegangan dan sudut thyristor pada motor boom hoist akan dilakukan perhitungan

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan daya dan Resistor Pada motor Boom Hoist

| No | Weight (kg) | GR | Jt | Pb (kW) | R(Ω) |
|----|-------------|----------|------|---------|---------------|
| 1 | 40000 | 0,010995 | 5.91 | 19.99 | 22.96 |
| 2 | 30000 | 0,010995 | 5,55 | 18.80 | 24.41 |
| 3 | 20000 | 0,010995 | 5.20 | 17.61 | 26.05 |
| 4 | 10000 | 0,010995 | 4.85 | 16.42 | 27.94 |
| 5 | 3600 | 0,010995 | 4.63 | 15.66 | 29.30 |

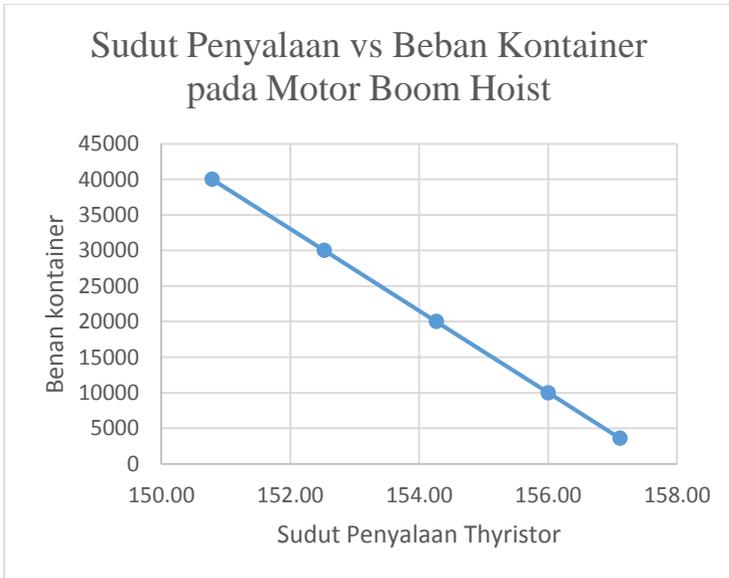
(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengeraman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalan thyristor Pada motor Boom Hoist

| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 1 | 40000 | 19.99 | 71.40 | 209.98 | 150.79 |
| 2 | 30000 | 18.80 | 67.15 | 192.23 | 152.53 |
| 3 | 20000 | 17.61 | 62.91 | 174.48 | 154.27 |
| 4 | 10000 | 16.42 | 58.66 | 156.74 | 156.00 |
| 5 | 3600 | 15.66 | 55.94 | 145.38 | 157.12 |

dengan cara yang sama dengan perhitungan motor trolley traverse sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

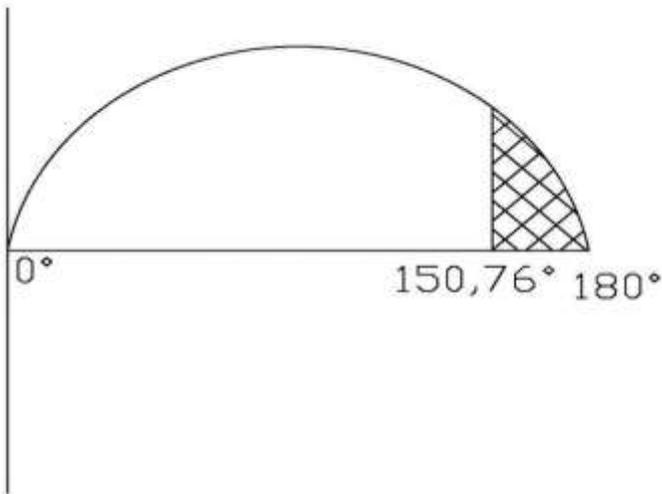
Setelah kita melihat table 4.5 dan 4.6 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalan thyristor Pada motor boom hoist kita juga membuat grafik perbandingan antara sudut penyalan thyristor dengan beban container.



Gambar 4.4.11 Grafik beban container vs sudut penyalan thyristor pda motor boom hoist

Dilihat dari gambar grafik 4.4.11 beban container berbanding dengan sudut penyalan thyristor, semakin besar beban maka sudut penyalan thyristor akan semakin kecil. Sama halnya dengan motor trolley traverse dan juga main hoist, ketika tegangan yang diberikan semakin besar maka daya dari container akan bertambah pula. Jika sudut penyalan semakin diperkecil maka tegangan dan daya semakin besar. Pada system Ward Leonard untuk control putaran menggunakan tegangan

masuk pada motor juga dipengaruhi oleh sudut penyalan pada thyristor, karena bila sudut penyalan thyristor diperkecil maka tegangan yang masuk ke motor akan semakin besar. Dan apabila sudut penyalan semakin diperkecil maka putaran akan semakin naik. Berikut gambaran sudut penyalan pada thyristor pada motor main hoist:



Gambar 4.4.12 Sudut penyalan pada motor boom hoist

Pada gambar 4.4.12 Sudut penyalan pada motor main hoist dapat kita bisa lihat bahwa untuk sudut penyalan $150,76^\circ$ akan menghasilkan tegangan 71,40 Volt, daya 19,99 Watt dan putaran motor 209,98. Pada keadaan tersebut maka akan dapat memindahkan container dengan beban 40 Ton. Bila sudut penyalan dijadikan 90° atau sudut penyalan yang lainnya maka keseimbangan beban dengan kecepatan motor goyah dan menjadi tidak stabil sehingga hanya pada sudut $150,76^\circ$ dan

pada beban 40 Ton maka diperoleh keseimbangan pada container crane. Hal tersebut dilakukan karena untuk menghindari suatu kejadian yang tidak diinginkan seperti container jatuh atau robohnya container crane. Bukan hanya untuk menghindari kecelakaan saja hal ini dilakukan juga untuk mendapatkan waktu yang efisien dan juga keuntungan ekonomis.

Untuk mengetahui besarnya daya, tegangan dan sudut thyristor pada motor boom hoist akan dilakukan perhitungan dengan

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan daya dan Resistor Pada motor Gantry Travel

| No | Weight (kg) | GR | Jt | Pb (kW) | R(Ω) |
|----|-------------|----------|------|---------|---------------|
| 1 | 40000 | 0,010995 | 7.71 | 26.10 | 8.61 |
| 2 | 30000 | 0,010995 | 5.89 | 19.95 | 11.26 |
| 3 | 20000 | 0,010995 | 4.08 | 13.81 | 16.26 |
| 4 | 10000 | 0,010995 | 2.26 | 7.67 | 29.29 |
| 5 | 3600 | 0,010995 | 1.10 | 3.74 | 60.13 |

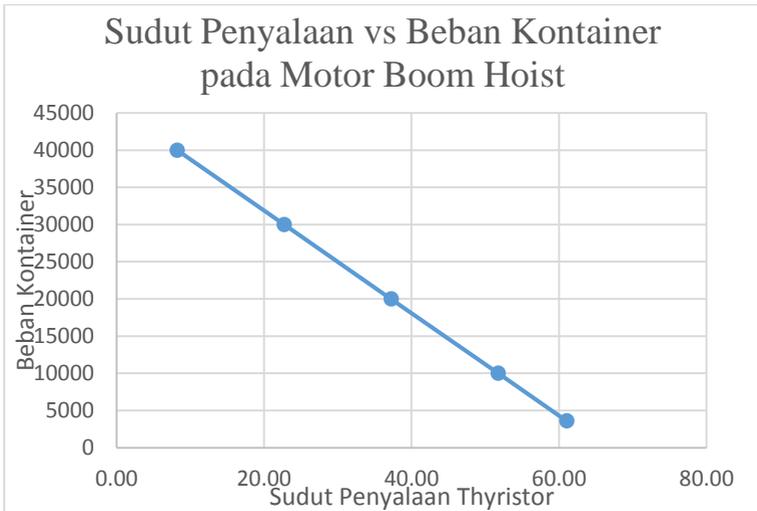
(Sumber : Atma, Arief Wirawan. Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Kontainer Crane di Dermaga Nilam Surabaya,2015)

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalan thyristor Pada motor Gantry Travel

| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 1 | 40000 | 26.10 | 209.98 | 1669.54 | 8.20 |
| 2 | 30000 | 19.95 | 192.23 | 1527.08 | 22.72 |
| 3 | 20000 | 13.81 | 174.48 | 1384.62 | 37.24 |
| 4 | 10000 | 7.67 | 156.74 | 1242.15 | 51.76 |
| 5 | 3600 | 3.74 | 145.38 | 1150.98 | 61.05 |

cara yang sama dengan perhitungan motor trolley traverse sehingga diperoleh hasil sebagai berikut:

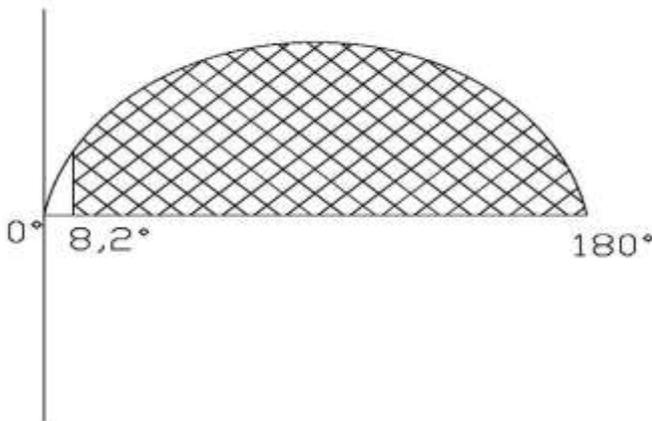
Setelah kita melihat table 4.5 dan 4.6 Hasil Perhitungan tegangan, kecepatan dan sudut penyalan thyristor Pada motor gantry travel kita juga membuat grafik perbandingan antara sudut penyalan thyristor dengan beban container.



Gambar 4.4.13 Grafik beban container vs sudut penyalan thyristor pda motor gantry travel

Dilihat dari gambar grafik 4.4.13 beban container berbanding dengan sudut penyalan thyristor, semakin besar beban maka sudut penyalan thyristor akan semakin kecil. Sama halnya dengan motor trolley traverse dan juga main hoist, ketika tegangan yang diberikan semakin besar maka daya dari container akan bertambah pula. Jika sudut penyalan semakin diperkecil maka tegangan dan daya semakin besar. Pada system

Ward Leonard untuk control putaran menggunakan tegangan masuk pada motor juga dipengaruhi oleh sudut penyalan pada thyristor, karena bila sudut penyalan thyristor diperkecil maka tegangan yang masuk ke motor akan semakin besar. Dan apabila sudut penyalan semakin diperkecil maka putaran akan semakin naik. Berikut gambaran sudut penyalan pada thyristor pada motor main hoist:



Gambar 4.4.14 Sudut penyalan pada motor Gantry Travel

Pada gambar 4.4.12 Sudut penyalan pada motor main hoist dapat kita bisa lihat bahwa untuk sudut penyalan $8,2^{\circ}$ akan menghasilkan tegangan 209,98 Volt, daya 26,1 Watt dan putaran motor 1669,54. Pada keadaan tersebut maka akan dapat memindahkan container dengan beban 40 Ton. Bila sudut penyalan dijadikan 0° maka akan diperoleh tegangan maksimal motor, daya maksimal motor dan putaran maksimal motor, tetapi hal ini tidak dilakukan karena untuk suatu beban

container harus disesuaikan dengan kecepatan motor untuk menghindari suatu kejadian yang tidak diinginkan seperti robohnya kontainer crane. Bukan hanya itu saja menjaga keseimbangan antara kecepatan motor dan juga beban dilakukan untuk memperoleh waktu yang efisien dan juga keuntungan ekonomis karena komponen-komponen pada crane container lebih tahan lama. Maka dari itu dibutuhkan suatu keselarasan antara suatu beban crane dan juga kecepatan motor.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa dan perhitungan terhadap motor DC pada container crane dapat di dapatkan data dan kesimpulan:

Pada perhitungan didapatkan data sebagai berikut:

Hasil perhitungan daya, tegangan, putaran motor dan sudut penyalan thyristor pada motor Trolley Traverse:

| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 1 | 40000 | 28,99 | 148,667 | 1174,01 | 58,36 |
| 2 | 30000 | 22,42 | 114,97 | 901,96 | 85,93 |
| 3 | 20000 | 15,85 | 81,28 | 629,91 | 113,50 |
| 4 | 10000 | 9,28 | 47,59 | 357,86 | 141,06 |
| 5 | 3600 | 5,07 | 26 | 183,53 | 158,73 |

Hasil perhitungan daya, tegangan, putaran motor dan sudut penyalan thyristor pada motor Main Hoist:

| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 1 | 40000 | 105,54 | 124,32 | 418,57 | 129,14 |
| 2 | 30000 | 84,11 | 100,02 | 330,73 | 139,08 |
| 3 | 20000 | 63,68 | 75,73 | 242,88 | 149,02 |
| 4 | 10000 | 43,25 | 51,43 | 155,03 | 158,96 |
| 5 | 3600 | 30,17 | 35,88 | 98,79 | 165,32 |

Hasil perhitungan daya, tegangan, putaran motor dan sudut penyalan thyristor pada motor Boom Hoist:

| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 1 | 40000 | 19.99 | 71.40 | 209.98 | 150.79 |
| 2 | 30000 | 18.80 | 67.15 | 192.23 | 152.53 |
| 3 | 20000 | 17.61 | 62.91 | 174.48 | 154.27 |
| 4 | 10000 | 16.42 | 58.66 | 156.74 | 156.00 |
| 5 | 3600 | 15.66 | 55.94 | 145.38 | 157.12 |

Hasil perhitungan daya, tegangan, putaran motor dan sudut penyalan thyristor pada motor Gantry Traverse:

| No | Weight (kg) | Pb (kW) | V (volt) | N (rpm) | Sudut penyalan |
|----|-------------|---------|-----------|---------|----------------|
| 1 | 40000 | 26.10 | 209.98 | 1669.54 | 8.20 |
| 2 | 30000 | 19.95 | 192.23 | 1527.08 | 22.72 |
| 3 | 20000 | 13.81 | 174.48 | 1384.62 | 37.24 |
| 4 | 10000 | 7.67 | 156.74 | 1242.15 | 51.76 |
| 5 | 3600 | 3.74 | 145.38 | 1150.98 | 61.05 |

Dari data diatas dapat diketahui bahwa semakin besar sudut penyalan thyristor maka beban yang diangkat container crane akan semakin berkurang. Berkurangnya baban kontaine ini

dipengaruhi karena daya dan tegangan pada motor berkurang. Hal tersebut terjadi karena pengaturan oleh potensiometer pada thyristor. Pada potensiometer ini terjadinya pengaturan tegangan, tegangan yang diatur oleh potensiometer adalah tegangan bolak-balik yang akan masuk ke thyristor. Ketika thyristor terhubung pada sumber tegangan Bolak-balik, thyristor dapat juga digunakan untuk merubah atau mengatur jumlah daya dengan yang diberikan pada beban dengan cara mengatur tegangan yang masuk. Dengan mengatur nilai potensiometer, maka bisa mengatur sudut penyalan (firing delay) thyristor. Kemudian setelah melewati thyristor tegangan bolak-balik akan berubah menjadi tegangan searah yang akan digunakan pada motor DC. Tegangan yang akan masuk ke motor ini akan mempengaruhi kecepatan motor DC. Bila tegangan yang diberikan pada motor besar maka akan diperoleh kecepatan motor yang besar pula dengan tidak melebihi dari spesifikasi motor. Inilah yang disebut dengan sisten Ward Leonard. Suatu sistem pengaturan kecepatan motor DC dengan menggunakan daya yang masuk ke motor.

5.2 Saran

Ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlunya dilakukan simulasi dan perbandingan data yang ada.
2. Dilakukan perbandingan antara penggunaan container crane yang menggunakan motor ac.

DAFTAR PUSTAKA

Bakti, Aditya. *Aplikasi Motor DC Sebagai Penggerak Container Crane Serta Analisis Faktor Daya Pada saat Container Crane Bekerja Di Terminal Peti Kemas Semarang*. Universitas Diponegoro. Semarang. 2010.

Bradley, Allen. *PowerFlex Dynamic Breaking Resistor Calculator*. Rockwel Automation. United States of America. 2011.

Muchsin, Ismail. *Teori Generator Searah*. Erlangga. Jakarta. 2010.

Final Drawing Electrical Part For PT. Pelabuhan Indonesia III. Mitsui Engineering and Shipbuilding. Tokyo.2010.

Zuhul. **Dasar Tenaga Listrik**. ITB. Bandung. 1991

Atma,Arief Wirawan. *Analisa Pengereman Dinamik Motor DC Pada Container Crane di Dermaga Nilam Surabaya*.2015.

www.beritatrans.com

www.maritimejournal.com

www.zonaelekto.net

www.teknikelektro.com

www.academia.edu

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lumajang pada tanggal 2 Februari 1992. Merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan mulai dari SD Negeri Karangbendo 02 Tekung, SMP Negeri 02 Lumajang, dan SMA Negeri Tempeh. Penulis melanjutkan studi Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan,

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2011, melalui jalur SNPTN tulis. Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Kegiatan akademik penulis yaitu sebagai grader praktikum pemeriksaan alat-alat listrik dan *motor single phase* di *Marine Electrical and Automation System Laboratory*. Sedangkan kegiatan non-akademik penulis yaitu organisasi HIMASISKAL FTK-ITS pada tahun kedua.

Contact person:
masruli11@gmail.com