



SKRIPSI – ME141501

**ANALISA KEBUTUHAN DAYA LISTRIK *CONTAINER CRANE* DALAM  
RANGKA ELEKTRIFIKASI *CONTAINER CRANE* UNTUK  
MENGOPTIMALKAN PROSES BONGKAR MUAT DI TERMINAL  
PETIKEMAS SURABAYA**

Fathia Fauziah Asshanti  
NRP 4213 100 098

**Dosen Pembimbing**

Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng.  
Dr. Eddy Setyo K, ST., M. Sc.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



SKRIPSI - ME141501

**ANALISA KEBUTUHAN DAYA LISTRIK  
*CONTAINER CRANE* DALAM RANGKA  
ELEKTRIFIKASI *CONTAINER CRANE* UNTUK  
MENGOPTIMALKAN PROSES BONGKAR  
MUAT DI TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA**

FATHIA FAUZIAH ASSHANTI  
NRP. 4213 100 098

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng.  
Dr. Eddy Setyo K, ST., M. Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



FINAL PROJECT - ME141501

**ANALYSIS OF ELECTRICAL POWER  
CONSUMPTION IN CONTAINER CRANE FOR  
CONTAINER CRANE ELECTRIFICATION TO  
OPTIMIZE LOADING AND UNLOADING  
PROCESS IN TERMINAL PETIKEMAS  
SURABAYA**

FATHIA FAUZIAH ASSHANTI  
NRP. 4213 100 098

Supervisors

Dr. Ir. A.A. Masroeri, M. Eng.  
Dr. Eddy Setyo K, ST., M. Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
Faculty of Marine Technology  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### **Analisa Kebutuhan Daya Listrik *Container Crane* Dalam Rangka Elektrifikasi *Container Crane* untuk Mengoptimalkan Proses Bongkar Muat di Terminal Petikemas Surabaya**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automatical System (MEAS)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

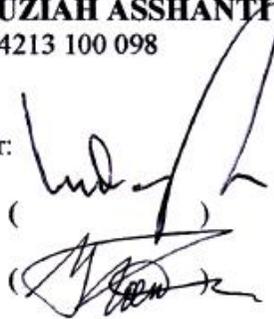
Oleh:

**FATHIA FAUZIAH ASSHANTI**  
NRP 4213 100 098

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Dr. Ir. A.A. Masroeri, M, Eng.

2. Dr. Eddy Setyo K, ST., M. Sc.



SURABAYA  
JULI, 2017

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LEMBAR PENGESAHAN

### **Analisa Kebutuhan Daya Listrik *Container Crane* Dalam Rangka Elektrifikasi *Container Crane* untuk Mengoptimalkan Proses Bongkar Muat di Terminal Petikemas Surabaya**

#### **SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**FATHIA FAUZIAH ASSHANTI**

NRP 4213 100 098

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



  
Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T.  
NIP. 197708022008011007

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **ANALISA KEBUTUHAN DAYA LISTRIK *CONTAINER CRANE* DALAM RANGKA ELEKTRIFIKASI *CONTAINER CRANE* UNTUK MENGOPTIMALKAN PROSES BONGKAR MUAT DI TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA**

**Nama Mahasiswa** : Fathia Fauziah Asshanti  
**NRP** : 4213 100 098  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** :  
1. Dr. Ir. A.A. Masroeri, M, Eng.  
2. Dr. Eddy Setyo K, ST., M. Sc.

## **ABSTRAK**

*Elektrifikasi container crane merupakan proses re-powering container crane dari diesel menjadi listrik. Dalam proses elektrifikasi, diperlukan suatu analisa kebutuhan daya listrik yang diperlukan dalam operasional container crane. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah besar daya listrik yang disuplai oleh PLN dapat secara optimal digunakan dalam operasional container crane untuk melakukan aktivitas kegiatan bongkar muat.*

*Untuk melakukan analisa kebutuhan daya listrik, diperlukan berbagai data serta perhitungan. Adapun data-data yang diperlukan antara lain spesifikasi container crane serta spesifikasi peralatan-peralatan listrik lainnya, besar suplai daya listrik dari PLN, serta single line diagram dari sistem kelistrikan di pelabuhan. Sedangkan perhitungan-perhitungan yang harus dilakukan antara lain perhitungan besar beban daya listrik pada motor-motor penggerak serta komponen listrik lainnya, perhitungan besar arus nominal dan arus start, pemilihan kabel pengaman dan busbar serta perhitungan wiring diagram junction power. Dari perhitungan yang telah dilakukan, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan simulasi load flow analysis dengan menggunakan software simulasi, sehingga akan diperoleh analisa aliran daya listrik yang akurat dan efektif untuk mengoptimalkan kegiatan bongkar muat petikemas di pelabuhan.*

*Hasil dari penelitian ini, terlihat bahwa elektrifikasi container crane akan memberikan keuntungan baik dari segi teknis maupun ekonomis bagi perusahaan dan bagi kapal, antara lain mempercepat waktu pelayanan bongkar muat petikemas serta mengurangi idle time terutama dalam operasional generator diesel.*

***Kata kunci: Container Crane, Elektrifikasi, Aliran Daya, Optimalisasi.***

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **ANALYSIS OF ELECTRICAL POWER CONSUMPTION IN CONTAINER CRANE FOR CONTAINER CRANE ELECTRIFICATION TO OPTIMIZE LOADING AND UNLOADING PROCESS IN TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA**

**Name** : Fathia Fauziah Asshanti  
**Student ID** : 4213 100 098  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisors** :  
1. Dr. Ir. A.A. Masroeri, M, Eng.  
2. Dr. Eddy Setyo K, ST., M. Sc.

## **ABSTRACT**

*Container crane electrification is a re-powering process of container cranes from diesel to electricity. In electrification process, it is required an analysis of electrical power consumption that is needed in the operational of container crane. It aims to determine whether the amount of electrical power that is supplied by PLN can be optimally used in the operational of container crane to do loading and unloading activities.*

*To perform the analysis of electrical power consumption, it is required various data and calculations. The required data are container crane specifications and other electrical equipment specifications, the amount of electrical power that is supplied by PLN, also the single line diagram from the electrical system at the port. While, the calculations that is needed to be performed are the calculation of electrical power load in motors and other electrical equipments, the calculation of nominal current and start current, the selection of cable and busbar, and the calculation of wiring diagram junction power. From the calculations that has been done, then the next step is to do the load flow analysis simulation by using software simulation, so an accurate and effective load flow analysis can be obtained to optimize loading and unloading activities at the port.*

*The result of this research, it can be seen that container crane electrification will give advantages in both technical and economical for the company and for the ship, such as accelerate the loading and unloading time of containers and reduce idle time, especially in the operational of diesel generator.*

**Key words:** *Container Crane, Electrification, Load Flow, Optimization*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke khadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Departemen Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penyusunan tugas akhir ini dapat terlaksana dengan baik dan lancar tentunya tidak terlepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, yang selalu memberi dukungan fisik dan spiritual hingga laporan tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. Eng Muhammad Badruz Zaman, ST., MT. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
3. Bapak Dr. Ir. A. A. Masroeri, M. Eng. selaku dosen pembimbing satu, yang telah membimbing dan memberikan arahan kepada penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eddy Setyo K, ST., M. Sc. selaku dosen pembimbing dua, yang telah membimbing penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
5. Seluruh karyawan dan staff PT. Terminal Petikemas Surabaya (PT. TPS) yang telah membimbing dan memberikan ilmu-ilmu kepada penulis.
6. Rekan-rekan mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan masukan-masukan dan bantuan kepada penulis.
7. Seluruh pihak yang telah membantu dalam terselesaikannya tugas akhir ini.

Demikian laporan tugas akhir ini disusun. Akhir kata, penulis ingin mengucapkan permintaan maaf apabila terdapat kesalahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

Surabaya, 20 Juli 2017

Penulis

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

SKRIPSI – ME141501 .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	vii
LEMBAR PENGESAHAN .....	ix
ABSTRAK .....	xi
ABSTRACT .....	xiii
KATA PENGANTAR .....	xv
DAFTAR ISI .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR GAMBAR .....	xxi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan dan Pembatasan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	3
1.4. Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Sistem Bongkar Muat di Pelabuhan .....	5
2.2. Pengertian Crane .....	9
2.3. Container Crane .....	10
2.3.1. Straddler Carrier .....	10
2.3.2. Container Spreader .....	10
2.3.3. Straddler Loader .....	11
2.3.4. Transtainer (Rubber Tyred Gantry Crane) .....	11
2.3.5. Side Loader .....	11
2.3.6. Container Forklift .....	12
2.3.7. Gantry Crane (Container Crane) .....	12
2.4. Sistem Kelistrikan pada Container Crane .....	16
2.5. Layout dan Perencanaan Elektrifikasi Container Crane .....	17
2.6. Analisa Aliran Daya Listrik .....	21
BAB III METODOLOGI .....	23
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	27
4.1. Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik Container Crane .....	27
4.1.1. Perhitungan Beban pada Motor Listrik .....	27
4.1.2. Perhitungan Beban pada Komponen-Komponen Listrik .....	29
4.2. Perhitungan Wiring Diagram Junction Power .....	30
4.2.1. Perhitungan Arus Nominal dan Arus Start .....	30
4.2.2. Perhitungan Kabel Pengaman .....	32
4.2.3. Perhitungan Busbar .....	33
4.3. Analisa Aliran Daya .....	48

4.3.1.	Single Line Diagram .....	48
4.3.2.	Analisa Aliran Daya .....	50
4.4.	Optimalisasi Proses Bongkar Muat.....	65
4.4.1.	Pengukuran Optimalisasi Pelayanan Peti Kemas .....	65
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		67
DAFTAR PUSTAKA.....		69
LAMPIRAN 1 .....		71
LAMPIRAN 2.....		73

## DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Spesifikasi Motor Listrik KONE Crane (CC1 – CC4).....	27
Tabel 4. 2. Spesifikasi Motor Listrik KONE Crane (CC 14 – CC16).....	27
Tabel 4. 3. Spesifikasi Motor Listrik KONE Crane (CCX & CC20).....	28
Tabel 4. 4. Spesifikasi Motor Listrik HITACHI Crane (CC5).....	28
Tabel 4. 5. Spesifikasi Motor Listrik IMPSA Crane (CC6. CC8. CC9. CC10) .....	28
Tabel 4. 6. Spesifikasi Motor Listrik IHI Crane (CC11) .....	28
Tabel 4. 7. Spesifikasi Motor Listrik IHI Crane (CC12) .....	28
Tabel 4. 8. Perhitungan Beban Daya Listrik Pada Komponen-Komponen Listrik .....	29
Tabel 4. 9. Perhitungan Besar Beban Total Pada Seluruh Container Crane.....	29
Tabel 4. 10. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus Start KONE Crane (CC1 – CC4).....	31
Tabel 4. 11. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus Start KONE Crane (CC14 – CC16).....	31
Tabel 4. 12. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus Start KONE Crane (CCX & CC20).....	31
Tabel 4. 13. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus Start HITACHI Crane (CC5)	31
Tabel 4. 14. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus Start IMPSA Crane (CC6, CC8, CC9, CC10).....	32
Tabel 4. 15. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus Start IHI Crane (CC11) .....	32
Tabel 4. 16. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus Start IHI Crane (CC12) .....	32

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. General Cargo Crane .....	6
Gambar 2. 2. Belt Conveyor.....	7
Gambar 2. 3. Liquid Cargo Handling .....	7
Gambar 2. 4. Bagian-Bagian Crane.....	9
Gambar 2. 5. Straddler Carrier .....	10
Gambar 2. 6. Container Spreader .....	10
Gambar 2. 7. Straddler Loader .....	11
Gambar 2. 8. Rubber Tyred Gantry Crane.....	11
Gambar 2. 9. Side Loader.....	12
Gambar 2. 10. Container Forklift .....	12
Gambar 2. 11. Container Crane .....	13
Gambar 2. 12. Transformator .....	14
Gambar 2. 13. Motor Asinkron Tiga Fasa .....	15
Gambar 2. 14. Motor Arus Searah.....	16
Gambar 2. 15. Sistem Kelistrikan Container Crane .....	16
Gambar 2. 16. Layout Peletakan Gardu PLN .....	17
Gambar 2. 17. IHI Crane .....	18
Gambar 2. 18. KONE Crane.....	19
Gambar 2. 19. KONE Crane.....	20
Gambar 3. 1. Diagram Alur Pengerjaan .....	24
Gambar 4. 1. Wiring Diagram Junction Power CC1 – CC4 .....	34
Gambar 4. 2. Wiring Diagram Junction Power CC5 .....	36
Gambar 4. 3. Wiring Diagram Junction Power CC6, CC8, CC9, CC10 .....	38
Gambar 4. 4. Wiring Diagram Junction Power CC11 .....	40
Gambar 4. 5. Wiring Diagram Junction Power CC12 .....	42
Gambar 4. 6. Wiring Diagram Junction Power CC14 – CC16 .....	44
Gambar 4. 7. Wiring Diagram Junction Power CCX & CC20 .....	46
Gambar 4. 8. Single Line Diagram PT. Terminal Petikemas Surabaya .....	49
Gambar 4. 9. Load Flow Analysis Skenario 1 .....	51
Gambar 4. 10. Load Flow Analysis Skenario 2 .....	53
Gambar 4. 11. Load Flow Analysis (Hasil Perbaikan pada Skenario 2) .....	55
Gambar 4. 12. Load Flow Analysis Skenario 3 .....	56
Gambar 4. 13. Load Flow Analysis (Hasil Perbaikan pada Skenario 3) .....	58
Gambar 4. 14. Load Flow Analysis Skenario 4 .....	59
Gambar 4. 15. Load Flow Analysis (Hasil Perbaikan pada Skenario 4) .....	61
Gambar 4. 16. Load Flow Analysis Skenario 5 .....	62

Gambar 4. 17. Load Flow Analysis (Hasil Perbaikan pada Skenario 5) ..... 64  
Gambar 4. 18. Waktu Pelayanan di Dermaga ..... 66

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Konsep pelabuhan ramah lingkungan atau *green port* saat ini tengah gencar diterapkan oleh seluruh manajemen pelabuhan di negara-negara ASEAN sejak lima tahun terakhir, baik di pelabuhan yang sudah maju maupun yang sedang berkembang. Penerapan konsep pelabuhan ramah lingkungan di sejumlah pelabuhan di negara-negara maju di Eropa dan Asia merupakan bagian dari upaya untuk meminimalisir tingkat pencemaran laut, polusi udara serta berbagai dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh berbagai aktifitas bongkar muat di pelabuhan.

PT. Terminal Petikemas Surabaya (PT. TPS) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang penyediaan fasilitas terminal petikemas, baik untuk perdagangan domestik maupun internasional. PT. TPS memegang peranan yang sangat penting bagi pertumbuhan ekonomi dan perdagangan, terutama bagi para pelaku usaha di kawasan Indonesia bagian timur, sehingga tuntutan akan jasa pelabuhan yang ditawarkan akan semakin meningkat. Peningkatan permintaan akan jasa pelabuhan tentunya akan semakin meningkatkan aktivitas di pelabuhan yang akan berdampak pada peningkatan pencemaran di sekitar kawasan pelabuhan, seperti pencemaran air serta udara (Hutagalung, 2004). Oleh sebab itu, diperlukan suatu upaya untuk mewujudkan pelabuhan yang ramah lingkungan untuk mengatasi dampak kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh berbagai aktivitas di pelabuhan.

Dalam rangka mendukung langkah penerapan konsep pelabuhan ramah lingkungan atau *green port*, saat ini PT. Terminal Petikemas Surabaya tengah melakukan elektrifikasi *container crane* (CC) pada seluruh unit *container crane* dan sejumlah komponen dan peralatan utama lainnya. Elektrifikasi merupakan proses *powering* pada suatu komponen dengan menggunakan listrik. Langkah ini dilakukan oleh PT. TPS dalam rangka memenuhi penerapan konsep pelabuhan ramah lingkungan atau *green port* yang saat ini tengah dilakukan di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, menyusul Terminal Teluk Lamong yang merupakan *green port* pertama di Indonesia. PT. TPS kini memulai program elektrifikasi CC secara bertahap, dimana proses ini diawali dengan mengganti enam unit CC pada bulan Oktober 2016 dengan menggunakan sumber listrik yang sebelumnya menggunakan diesel. Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dengan dilakukannya program elektrifikasi *power supply* CC dari diesel menjadi listrik antara lain :

- Efisiensi Biaya Bahan Bakar  
Program elektrifikasi dapat menanggulangi peningkatan harga bahan bakar minyak yang semakin meningkat, dimana kebutuhan BBM untuk operasional peralatan bongkar muat sangat tinggi dan merupakan salah satu *cost center* yang cukup besar. Bahan bakar solar yang sebelumnya digunakan untuk diesel generator set memerlukan biaya bahan bakar solar sekitar 2,77 liter solar per box (asumsikan harga 1 liter solar industri adalah sebesar Rp 10.000) menjadi sekitar 8,50 kWh listrik per box

(harga listrik per kWh adalah sekitar Rp 1.250), sehingga biaya bahan bakar yang harus dikeluarkan akan menjadi lebih efisien sebesar 50% dari sebelumnya.

- Mengurangi Polusi Lingkungan  
Elektrifikasi yang dilakukan oleh PT. TPS juga akan membantu mengurangi permasalahan lingkungan (*environmental issues*) yang disebabkan oleh aktivitas bongkar muat di pelabuhan, seperti emisi gas buang (emisi CO<sub>2</sub>) yang diakibatkan dari hasil pembakaran motor diesel dengan menggunakan bahan bakar minyak. Elektrifikasi juga akan mengurangi kebisingan yang umumnya diakibatkan oleh operasional motor diesel.
- Mengurangi Frekuensi Pemeliharaan  
Konversi *power supply* pada CC dari diesel menjadi listrik akan mengurangi frekuensi pemeliharaan pada *container crane*, sehingga ketersediaan peralatan CC menjadi meningkat yang berdampak pada meningkatnya pelayanan bongkar muat.
- Mengurangi Biaya untuk Penggantian *Engine Parts*

Langkah lainnya yang dilakukan PT. TPS dalam mendukung proses elektrifikasi CC juga dilakukan dengan mendatangkan unit CC baru dengan desain elektrik serta mengubah peralatan bertenaga diesel menjadi elektrik. Adapun unit CC baru tersebut memiliki spesifikasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan CC lainnya yang telah beroperasi selama ini serta dalam pengoperasiannya menggunakan energi listrik. Sistem layanan bongkar muat dengan menggunakan CC dan RTG pun saat ini dilakukan dengan menggunakan tenaga listrik. Elektrifikasi peralatan tersebut diyakini mampu menekan biaya operasional antara 30 hingga 60 persen dengan aktivitas bongkar muat dapat lebih ditangani lebih besar hingga 3000 TEUs.

Untuk mendukung upaya terealisasinya program elektrifikasi CC yang efektif dan optimal, diperlukan adanya suatu analisa terhadap daya listrik yang diperlukan dalam operasional CC. Terdapat tiga cara dalam menentukan kebutuhan daya listrik, yaitu dengan menggunakan rumus empiris, analisa beban listrik dan simulasi. Dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan daya listrik pada setiap komponen-komponen listrik serta motor-motor listrik yang digunakan dengan menggunakan rumus empiris. Selanjutnya, dilakukan analisa beban listrik yang dibutuhkan dalam mengoptimalkan kinerja peralatan bongkar muat yang telah dilakukan elektrifikasi. Adapun analisa daya listrik yang harus diperhatikan meliputi perhitungan beban-beban motor listrik yang terdapat pada CC, menentukan nilai *load factor* pada seluruh peralatan serta motor-motor listrik yang bekerja pada CC, serta penentuan *wiring junction power* dan pengaman-pengaman yang diperlukan. Setelah seluruh perhitungan telah didapatkan, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan simulasi analisa aliran daya dengan menggunakan *software* simulasi, sehingga akan didapatkan kondisi aliran daya pada sistem dalam keadaan normal yang dapat digunakan dalam perencanaan sistem di masa yang akan datang dan sebagai bahan evaluasi terhadap sistem yang ada.

## 1.2. Perumusan dan Pembatasan Masalah

Adapun perumusan masalah yang diangkat berdasarkan uraian latar belakang diatas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perhitungan beban motor listrik pada *container crane*?
2. Bagaimana penentuan *wiring junction power* dan pengaman pada peralatan di *container crane*?
3. Bagaimana penentuan kriteria kapasitas daya listrik yang optimal dalam operasional *container crane*?
4. Bagaimana simulasi analisa aliran daya pada *container crane* dengan menggunakan *software* simulasi?

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Objek penelitian ini yaitu peralatan bongkar muat *container crane* meliputi motor-motor penggerak serta komponen listrik lainnya yang bekerja pada *container crane* di PT. Terminal Petikemas Surabaya (PT. TPS)
2. Pembahasan pada penelitian ini hanya fokus pada analisa kapasitas daya listrik pada operasional bongkar muat di PT. Terminal Petikemas Surabaya.
3. Simulasi pada penelitian ini hanya fokus dilakukan pada analisa aliran daya listrik pada operasional *container crane* di PT. Terminal Petikemas Surabaya.

## 1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan daya listrik yang dibutuhkan dengan menghitung seluruh beban komponen listrik pada *container crane*.
2. Menentukan *wiring junction power* serta pengaman pada seluruh peralatan pada *container crane*.
3. Menentukan kriteria-kriteria yang mendukung dalam optimalisasi kapasitas daya listrik yang dibutuhkan dalam operasional *container crane*.
4. Melakukan simulasi terhadap analisa aliran daya pada *container crane* dengan menggunakan *software* simulasi.

## 1.4. Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan analisa serta perhitungan daya listrik pada *container crane*.
2. Memberikan analisa serta perhitungan nilai *wiring junction power* serta kabel pengaman pada *container crane*.
3. Memberikan analisa mengenai kriteria-kriteria yang mendukung dalam optimalisasi kapasitas daya listrik yang dibutuhkan dalam operasional *container crane*.
4. Memberikan simulasi mengenai analisa aliran daya yang terdapat pada *container crane* dalam rangka optimalisasi kinerja *container crane*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Sistem Bongkar Muat di Pelabuhan

Sistem bongkar muat di pelabuhan merupakan seluruh komponen atau peralatan bongkar muat (*cargo handling*) yang digunakan untuk mendukung kegiatan bongkar muat muatan, baik dari kapal menuju pelabuhan maupun sebaliknya. Adapun kegiatan bongkar muat di pelabuhan merupakan kegiatan membongkar barang-barang dari atas kapal dengan menggunakan *crane* dan *slings* kapal ke daratan terdekat di tepi kapal, yang lazim disebut dermaga, kemudian dari dermaga dengan menggunakan lori, *forklift*, atau kereta dorong, dimasukkan dan ditata ke dalam gudang terdekat yang ditunjuk oleh syahbandar pelabuhan (*B.S. Herman : 2012*). Kegiatan bongkar muat di pelabuhan dapat dikategorikan menjadi tiga macam, antara lain :

- *Stevedoring*  
*Stevedoring* merupakan pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/tongkang/truk atau memuat barang dari dermaga/tongkang/truk ke dalam kapal dengan menggunakan derek kapal atau derek darat.
- *Cargodoring*  
*Cargodoring* merupakan pekerjaan melepaskan barang dari tali/jala-jala (*tackle*) di dermaga dan mengangkat dari dermaga ke gudang/lapangan penumpukan selanjutnya menyusun di gudang/lapangan penumpukan atau sebaliknya.
- *Receiving/Delivery*  
*Receiving/delivery* merupakan pekerjaan memindahkan barang dari timbunan/tempat penumpukan di gudang/ lapangan penumpukan dan menyerahkan sampai tersusun di atas kendaraan di pintu gudang/lapangan penumpukan atau sebaliknya.

Sistem bongkar muat muatan umumnya sangat dipengaruhi oleh jenis barang atau muatan serta jenis pengemasan yang digunakan. Sangat penting untuk memperhatikan kondisi muatan yang akan dilakukan bongkar muat karena hal tersebut dapat mempengaruhi jenis peralatan bongkar muat yang harus digunakan dalam menangani jenis muatan tertentu, sehingga akan mempercepat proses bongkar muat dan mengurangi biaya tambat di pelabuhan. Muatan kapal dikelompokkan atau dibedakan menurut beberapa pengelompokan sesuai dengan jenis pengapalan, jenis kemasan serta sifat alami dari muatan (*Arwinas, 2001:9*). Adapun jenis-jenis muatan kapal serta peralatan bongkar muatnya dapat dikategorikan sebagai berikut :

#### a. Muatan Campuran (*General Cargo*)

Muatan campuran merupakan jenis muatan yang dimuat di kapal dalam jenis dan kemasan yang beragam, seperti peti, drum, kaleng, karung dan lain sebagainya. Untuk menangani jenis muatan campuran, umumnya digunakan peralatan bongkar muat dengan menggunakan

*crane* di dermaga, *floating crane* atau dengan menggunakan *crane* yang terdapat pada kapal. Terdapat beberapa jenis peralatan yang dapat digunakan pada *crane* dalam menangani muatan yang dikemas dalam berbagai jenis bentuk kemasan, antara lain *sling* atau *strop*, yaitu tali yang umumnya digunakan untuk mengangkat muatan dalam bentuk kemasan yang kuat, seperti kayu atau kemasan lainnya yang tidak akan rusak ketika diangkat. Selain itu, terdapat rantai yang dapat digunakan untuk mengangkat muatan berat, seperti kayu atau baja. Peralatan lainnya yaitu *can* atau *barrel hooks* yang dapat digunakan untuk mengangkat muatan dalam bentuk *barrel* atau drum. *Cargo nets* atau jaring dapat digunakan untuk mengangkut muatan yang tidak akan rusak atau hancur ketika diangkat, serta *heavy lifting beams* yang dapat digunakan untuk mengangkat muatan yang berat dan panjang seperti lokomotif kereta api. Salah satu jenis *crane* yang dapat digunakan untuk mengangkut muatan *general cargo* yaitu seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1. *General Cargo Crane*

b. Muatan Sejenis (*Bulk Cargo*)

Muatan sejenis merupakan jenis muatan yang terdiri dari suatu muatan yang tidak dikemas yang dikapalkan sekaligus dalam jumlah besar (*Sudjatmiko, 67*). Untuk menangani muatan sejenis atau umumnya disebut dengan muatan curah, dapat digunakan peralatan bongkar muat *conveyor* dalam bentuk *power-propelled conveyor belts* untuk menangani *dry bulk cargo*. *Conveyor* ini dapat ditempatkan pada *hopper*, atau menempel pada *traveling cranes* atau *travelling gantries* untuk menangani muatan dengan kapasitas yang besar. Selain itu, terdapat pula *elevators* atau *silo* yang dioperasikan dengan menggunakan penghisap *pneumatic* yang dapat digunakan untuk menangani muatan biji-bijian, seperti gandum. Adapun peralatan bongkar muat untuk menangani muatan curah yaitu ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2. *Belt Conveyor*

c. Muatan Cair (*Liquid Cargo*)

Muatan cair merupakan jenis muatan yang berbentuk cairan (*liquid*) atau jenis fluida lainnya seperti gas, yang diangkut dengan menggunakan kapal yang dilengkapi fasilitas dan peralatan untuk menangani muatan cair yang disebut dengan kapal tanker. Untuk menangani muatan jenis ini, umumnya digunakan peralatan bongkar muat yang berupa pipa-pipa yang terhubung menuju tangki penyimpanan yang terdapat di darat (*shore-based storage tanks*). Peralatan pompa juga digunakan untuk menghisap muatan yang selanjutnya dialirkan melalui pipa menuju tangki. Pompa yang digunakan dapat berasal dari fasilitas di darat atau dari kapal. Adapun pipa-pipa yang digunakan untuk proses bongkar muat muatan cair yaitu ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3. *Liquid Cargo Handling*

d. Muatan Hewan Hidup (*Live Stock Cargo*)

Muatan hewan hidup merupakan jenis muatan yang berupa hewan hidup atau hewan ternak yang umumnya ditujukan untuk keperluan konsumsi atau pengembangan dari negara tujuan. Jenis kapal yang digunakan dapat mengangkut *live stock cargo* harus menggunakan kapal dengan fasilitas khusus untuk pengangkutannya. Tidak terdapat peralatan bongkar muat khusus yang dapat digunakan untuk muatan jenis *live stock cargo*.

e. Muatan Peti Kemas (*Container Cargo*)

Muatan petikemas merupakan jenis muatan yang dikemas dengan menggunakan peti kemas atau *container*. Peti kemas merupakan peti atau sebuah kotak yang memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan ISO sebagai alat perangkat pengangkutan barang yang dapat digunakan di berbagai moda jalan. Peti kemas saat ini merupakan salah satu metode pengangkutan muatan yang paling banyak digunakan di seluruh negara di dunia dan dapat diangkut oleh tiga transportasi, mulai dari transportasi darat, udara serta air. Satuan kapasitas kargo peti kemas dinyatakan dalam satuan TEU (*twenty foot equivalent unit*). Hal ini didasarkan pada volume peti kemas yang berukuran 20 feet long. Selain itu terdapat pula peti kemas dengan ukuran 40 feet long.

Saat ini, hampir 90% dari seluruh kargo saat ini dalam perdagangan kargo kapal dikirim dalam bentuk *containerized*. Hal ini didasarkan pada beberapa keuntungan yang didapatkan dari penggunaan peti kemas dalam pengangkutan barang. Beberapa keuntungan tersebut antara lain bongkar muat dapat dilakukan secara cepat, presentase kerusakan muatan dapat diturunkan, memudahkan dalam pengawasan muatan serta berbagai keuntungan lainnya. Sepanjang tahun 2016, arus peti kemas pada rute perdagangan di dunia, khususnya di perdagangan Intra-Asia menyumbang porsi yang signifikan dalam bisnis pelayaran peti kemas global. Menurut laporan dari lembaga riset *Maritime International Clarksons*, arus peti kemas Intra-Asia mencapai 52 juta TEUs pada tahun 2016. Jumlah ini mengalami peningkatan dari tahun 2015 sebesar 5,6 persen dan terus meningkat pada awal tahun 2017 sebesar 1,8 juta TEUs. Hal ini menunjukkan pertumbuhan yang positif terhadap bisnis pelayaran peti kemas secara global yang juga berdampak pada pertumbuhan arus peti kemas di Indonesia.

Untuk mendukung laju pertumbuhan arus peti kemas yang semakin meningkat, ketersediaan sumber daya manusia dan peralatan bongkar muat yang memadai harus didukung dengan baik. Peningkatan arus peti kemas yang terjadi khususnya di pelabuhan-pelabuhan di Indonesia, mendorong setiap perusahaan yang bergerak pada penyediaan fasilitas jasa kepelabuhanan untuk meningkatkan kinerja dari operasional bongkar muat peti kemas. Salah satu kegiatan yang dapat dilakukan dalam rangka meningkatkan operasional bongkar muat *container* yaitu dengan elektrifikasi *crane*, dimana langkah ini merupakan langkah *re-powering crane* dari diesel menuju elektrik. Langkah ini dapat digunakan untuk meningkatkan operasional bongkar muat, efisiensi bahan bakar, serta menjaga kelestarian lingkungan, sehingga jumlah peti kemas yang dapat ditangani dapat meningkat dengan tetap menjaga kelestarian lingkungan dari kegiatan bongkar muat pelabuhan.

Untuk menangani jenis muatan ini, umumnya digunakan peralatan bongkar muat berupa *container crane* yang terdapat di dermaga. Selain *container crane*, terdapat pula beberapa jenis crane yang dapat digunakan untuk menangani *container*, antara lain *container spreader*,

*straddle carrier, straddle loader, transtrainer, side loader, serta container forklift.*

## 2.2. Pengertian Crane

*Crane* merupakan suatu alat pengangkat dan pemindah suatu material. Crane digunakan untuk mengangkat muatan baik secara vertikal maupun horizontal secara bersama dan menaikkan atau menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan (*Iqbal, 2011*). Bagian-bagian utama dari *crane* yaitu ditunjukkan pada Gambar 2.4. sebagai berikut.

a. *Machinery House*

*Machinery house* merupakan tempat pemasangan motor-motor listrik utama yang menggerakkan *container crane* dan seluruh peralatan penunjang lainnya, seperti transformator, *converter* dan PLC.

b. *Boom*

*Boom* merupakan sebuah bagian yang berfungsi untuk memperpanjang jangkauan *crane*. Apabila *container crane* tidak beroperasi, maka *boom* akan bergerak ke atas.

c. *Trolley*

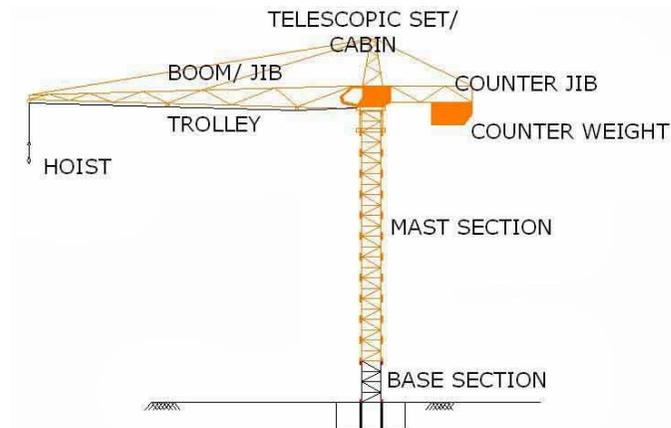
*Trolley* merupakan sebuah bagian yang berfungsi untuk mengangkat *spreader* ke arah atas maupun ke bawah serta ke depan dan ke belakang.

d. *Spreader*

*Spreader* merupakan sebuah bagian yang berfungsi untuk mengangkat peti kemas dari dermaga ke kapal maupun sebaliknya. *Spreader* memiliki ukuran yang dapat disesuaikan dengan panjang lintasan yang harus ditempuh untuk mengangkat petikemas yang akan diangkat.

e. *Operator Cab's*

*Operator cab's* merupakan kabin tempat operator *container crane* bekerja. Kabin ini bergerak bersamaan dengan *trolley* sehingga operator yang bekerja dapat melihat posisi *spreader* secara tepat terhadap peti kemas.



Gambar 2. 4. Bagian-Bagian Crane

### 2.3. Container Crane

*Container crane* merupakan jenis crane yang digunakan dalam menangani muatan kontainer. Adapun jenis-jenis dari *container crane* yang umumnya digunakan untuk aktifitas bongkar muat kontainer di pelabuhan antara lain :

#### 2.3.1. Straddler Carrier

*Straddler carrier* merupakan sebuah kendaraan yang digunakan untuk memindahkan peti kemas ke tempat lainnya. *Straddler carrier* berbentuk seperti portal. Adapun prinsip kerja dari *straddle carrier* yaitu untuk mengambil peti kemas dari tumpukannya, *straddle carrier* melangkahi peti kemas dan setelah peti kemas dapat digantung pada *spreader* yang terpasang pada *straddler carrier* tersebut dan di *hibob* pada ketinggian yang cukup, selanjutnya *straddler* akan berjalan menuju lokasi yang telah ditentukan untuk memindahkan peti kemas. Umumnya, kendaraan ini memiliki kecepatan hingga 30 km/jam dan dapat mengangkut *container* hingga 2 *container* dalam sekali operasionalnya. Peralatan bongkar muat *straddle carrier* ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5. *Straddler Carrier*

#### 2.3.2. Container Spreader

*Container spreader* merupakan alat bongkar muat peti kemas yang berupa kerangka baja yang dilengkapi dengan mekanisme pengunci (*twislock*) pada bagian bawah keempat sudutnya dan digantung pada kabel baja dari *gantry crane*, *transtainer*, *straddle loader* dan dengan konstruksi yang sedikit berbeda juga pada *container forklift*. Adapun *container spreader* ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6. *Container Spreader*

### 2.3.3. *Straddler Loader*

*Straddler loader* merupakan kendaraan pemindah peti kemas yang hampir sama dengan *straddle carrier*, akan tetapi pada *straddler loader* tidak dilengkapi dengan kemudi sehingga kendaraan ini hanya dapat memindahkan peti kemas ke lokasi yang berada lurus di depan atau di belakang dari lokasi semula. Adapun fungsi dari *straddler loader* yaitu untuk mengatur tumpukan peti kemas di lapangan penumpukkan. Peralatan bongkar muat *straddler loader* ditunjukkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7. *Straddler Loader*

### 2.3.4. *Transtainer (Rubber Tyred Gantry Crane)*

*Transtainer* atau disebut juga dengan *yard gantry crane* merupakan alat pengatur tumpukan peti kemas yang juga dapat digunakan untuk memindahkan tempat tumpukan peti kemas dalam arah lurus ke depan dan ke belakang, karena *transtrainer* tidak dilengkapi dengan kemudi. Adapun peralatan bongkar muat *transtrainer* ditunjukkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8. *Rubber Tyred Gantry Crane*

### 2.3.5. *Side Loader*

*Side loader* merupakan kendaraan pemindah peti kemas yang mirip dengan *forklift*, tetapi kendaraan ini digunakan untuk mengangkat dan menurunkan peti kemas dari samping. *Side loader* digunakan untuk

menurunkan dan menaikkan peti kemas dari dan ke atas *trailer* atau *chasis* di bawa ke samping *loader*. Peralatan bongkar muat *side loader* ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9. *Side Loader*

### 2.3.6. *Container Forklift*

*Container forklift* merupakan kendaraan truk garpu angkat yang khusus digunakan untuk mengangkat peti kemas. Bentuk kendaraan ini tidak jauh berbeda dengan *forklift truck* lainnya, tetapi *container forklift* memiliki daya angkat yang jauh lebih besar dengan jangkauan yang lebih tinggi agar dapat mengambil peti kemas dari (atau meletakkan pada) susunan tiga atau empat tumpukkan. Adapun *container forklift* ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10. *Container Forklift*

### 2.3.7. *Gantry Crane (Container Crane)*

*Container crane* (CC) atau *container gantry crane* merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk bongkar muat peti kemas dari dermaga ke kapal maupun dari kapal ke dermaga. *Container crane* dipasang secara permanen yang diletakkan di pinggir dermaga dengan menggunakan rel, sehingga dapat bergeser baik ke kiri dan ke kanan untuk bongkar muat peti kemas dalam jangkauan yang dekat maupun jauh, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.

*Container gantry crane* memiliki cara kerja sebagai berikut :

1) Gerakan *Hoist*

Gerakan *hoist* pada *container gantry crane* merupakan gerakan naik dan turun untuk mengangkat dan menurunkan petikemas yang telah dijepit oleh *spreader* yang diikat melalui tali baja (*wire rope*) yang telah digulung oleh drum dan digerakkan oleh elektromotor. Apabila posisi pengangkatannya telah sesuai, maka gerakan drum dapat dihentikan dengan menggunakan rem (*brake*) yang terdapat pada *operator cab's* dengan menggunakan *handle*.

2) Gerakan Transversal

Gerakan transversal pada *container gantry crane* merupakan gerakan yang dilakukan oleh *trolley* saat membawa muatan dengan arah dan pergerakan yang sejajar dengan *boom* dan *girder*. Gerakan ini dilakukan melalui tali baja yang terlilit pada drum dengan penggerak mula elektromotor, setelah itu *trolley* akan bergerak pada rel yang terletak di atas *boom* dan *girder*. Gerakan ini akan berhenti jika arus listrik pada elektromotor diputus dan rem bekerja untuk menghentikan gerakan *trolley*.

3) Gerakan Longitudinal

Gerakan longitudinal pada *container gantry crane* yaitu gerakan memanjang pada rel besi yang terletak pada permukaan tanah yang dilakukan melalui roda gigi transmisi. Dalam melakukan gerakan ini, elektromotor akan memutar roda *gantry* dan *gantry* akan bergerak secara maju mundur ke arah yang dikehendaki. Apabila *gantry* telah pada posisi yang dikehendaki, maka arus listrik akan terputus dan rem sekaligus akan bekerja.



Gambar 2. 11. *Container Crane*

Pada *container crane*, terdapat beberapa komponen elektrikal yang beroperasi. Adapun komponen-komponen elektrikal tersebut antara lain :

- Transformator

Transformator merupakan suatu peralatan listrik yang digunakan untuk mengubah besaran tegangan arus listrik bolak balik (AC). Transformator bekerja berdasarkan Hukum Ampere dan Hukum Faraday, dimana jika pada salah satu kumparan pada transformator dialiri arus bolak balik (arus AC), maka akan timbul garis-garis gaya magnet yang berubah-ubah. Akibatnya, pada sisi kumparan primer akan terjadi induksi. Pada sisi kumparan sekunder akan menerima garis-garis gaya magnet dari sisi primer yang berubah-ubah pula, sehingga pada sisi kumparan sekunder akan timbul pula induksi. Dari peristiwa tersebut, antara kedua ujung kumparan (lilitan) akan terdapat beda tegangan. Adapun peralatan transformator ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12. Transformator

- Motor Arus Bolak Balik Tiga Fasa

Motor listrik arus bolak balik merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah sumber tenaga listrik arus bolak balik tiga fasa menjadi energi mekanik. Motor AC tiga fasa atau yang disebut juga sebagai motor asinkron tiga fasa merupakan motor listrik yang menggunakan sumber tegangan tiga fasa yang selanjutnya dihubungkan dengan motor. Motor asinkron tiga fasa merupakan jenis motor listrik yang paling banyak digunakan pada bidang industri, hal ini dikarenakan motor asinkron tiga fasa memiliki beberapa kelebihan dalam penggunaannya terutama di dunia industri. Beberapa kelebihan dari penggunaan motor jenis ini antara lain memiliki konstruksi kuat dan sederhana, memiliki harga yang relatif lebih murah dibandingkan dengan jenis motor lainnya, perawatannya lebih mudah, serta beberapa kelebihan lainnya.

Prinsip kerja dari motor asinkron tiga fasa yaitu pada saat tegangan dihubungkan ke stator, maka stator akan menghasilkan fluks magnet yang mengakibatkan medan putar. Medan putar tersebut selanjutnya akan memotong batang konduktor pada rotor. Selanjutnya, akan timbul GGL induksi dari batang

konduktor. GGL induksi ini muncul karena terdapat perbedaan nilai antara medan putar stator ( $n_s$ ) dengan kecepatan putar rotor ( $n_r$ ). Karena pada rotor dan stator merupakan rangkaian yang tertutup, maka GGL akan menghasilkan arus yang menimbulkan gaya pada rotor, sehingga rotor akan berputar. Peralatan motor asinkron tiga fasa ditunjukkan oleh Gambar 2.13.



Gambar 2. 13. Motor Asinkron Tiga Fasa

- Motor Arus Searah

Motor listrik arus searah merupakan sebuah peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah sumber energi listrik arus searah (arus DC) menjadi energi mekanik. Prinsip kerja dari motor listrik arus searah yaitu jika kumparan jangkar dialiri arus listrik dan kumparan medan diberi penguatan, maka akan timbul gaya Lorentz pada tiap-tiap sisi kumparan jangkar tersebut. Gaya Lorentz pada motor arus searah ditunjukkan oleh kaidah tangan kiri, dimana ibu jari menunjukkan arah gaya ( $F$ ), jari telunjuk menunjukkan arah medan magnet ( $B$ ) dan jari tengah menunjukkan arah arus ( $I$ ).

Sesuai dengan Hukum Lorentz, adanya arus serta medan magnet yang terbentuk akan menghasilkan gaya ( $F$ ). Gaya inilah yang akan menimbulkan putaran (energi mekanik) pada motor DC, dan selanjutnya energi mekanik tersebut dapat ditransmisikan ke peralatan yang diinginkan. Motor arus searah (DC) merupakan alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang membutuhkan sumber arus DC yang mengalir melalui *armature* atau lilitan. Adapun sumber arus DC didapatkan dari baterai atau sumber AC yang disearahkan dengan menggunakan *rectifier*. Adapun peralatan motor arus searah ditunjukkan pada Gambar 2.14.

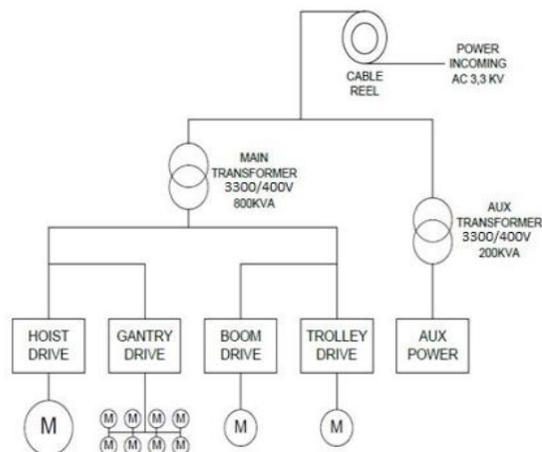


Gambar 2. 14. Motor Arus Searah

- Penyearah Tiga Fasa Terkontrol Penuh

Rangkaian penyearah merupakan rangkaian yang dapat mengkonversikan tegangan AC menjadi tegangan DC. Salah satu komponen utama pada penyearah terkontrol yaitu *thyristor* atau biasa disebut SCR (*Silicon Controlled Rectifier*) sebagai komponen penyearah yang dapat mengendalikan tegangan keluaran DC (Saragi, 2012). Adapun penyearah terkontrol dapat dibedakan menjadi penyearah terkontrol penuh dan penyearah setengah terkontrol. Penyearah ini dapat digunakan untuk pengaturan kecepatan motor arus searah.

#### 2.4. Sistem Kelistrikan pada *Container Crane*

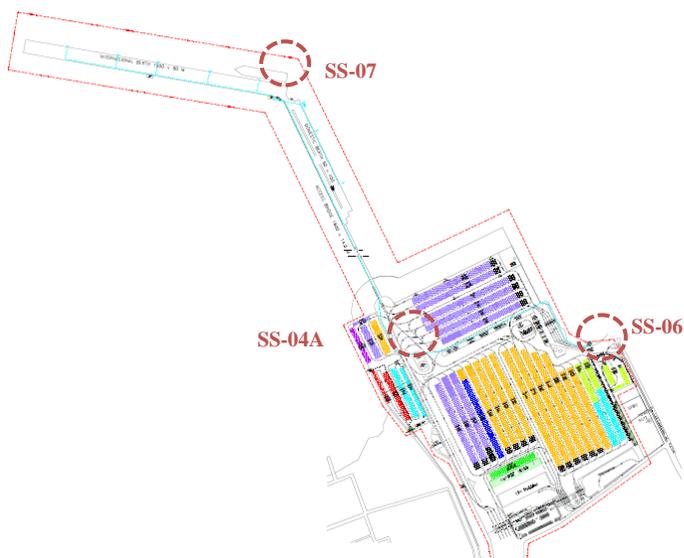
Gambar 2. 15. Sistem Kelistrikan *Container Crane*

Sistem kelistrikan pada *container crane* ditunjukkan pada Gambar 2.15. Dalam operasional *container crane* yang ditunjukkan pada Gambar 2.15, terdapat beberapa peralatan yang bekerja, diantaranya yaitu transformator, motor asinkron 3 fasa, motor arus searah (motor DC) serta penyearah 3 fasa terkontrol penuh. Sistem kelistrikan *container crane* dimulai dari sumber listrik yang akan menyuplai sumber energi listrik. Adapun pembangkit listrik yang digunakan yaitu

generator diesel maupun sumber dari PLN. Setelah itu, listrik kemudian dialirkan menuju *main transformer* dan *auxiliary transformer*. *Main transformer* dan *auxiliary transformer* akan menurunkan tegangan dari sumber. Tegangan keluaran dari *main transformer* akan dialirkan menuju motor-motor penggerak peralatan-peralatan yang terdapat pada *container crane*, seperti *hoist drive*, *gantry drive*, *boom drive* dan *trolley drive*, sedangkan tegangan keluaran dari *auxiliary transformer* akan dialirkan menuju *auxiliary power*.

## 2.5. *Layout dan Perencanaan Elektrifikasi Container Crane*

Perencanaan elektrifikasi *container crane* yang saat ini tengah dilakukan oleh PT. Terminal Petikemas Surabaya telah berlangsung sejak Oktober 2016 dan ditargetkan akan selesai pada tahun 2017. Dalam melakukan *re-powering* dari diesel menuju elektrik, maka diperlukan pasokan sumber listrik PLN yang mampu mendukung operasional seluruh *container crane*. Maka dari itu, untuk menyalurkan tegangan listrik, dibutuhkan beberapa unit gardu yang akan menyalurkan listrik menuju seluruh CC yang terdapat di PT. TPS. Adapun *layout* dari perencanaan peletakan gardu-gardu PLN menuju PT. TPS ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16. *Layout* Peletakan Gardu PLN

PT. Terminal Petikemas Surabaya memiliki 16 *container crane* yang beroperasi, terdiri dari 14 *container crane* yang beroperasi di dermaga Internasional serta 2 *container crane* yang beroperasi di dermaga Domestik. Adapun spesifikasi dari seluruh *container crane* yang akan dilakukan elektrifikasi oleh PT. Terminal Petikemas adalah sebagai berikut :

➤ **Container Crane Dermaga Domestik (CC11 & CC12)**

**Brand** : IHI Crane

**Year Built** : 1977/1998

**Amount** : 2

**Position** : Domestic Quay

**Type Crane** : Panamax

**Lifting Under Spreader Above Rail Level** : 27.43 meter

**Lifting Under Spreader Below Rail Level** : 13.72 meter

**Max Outreach From Sea Side** : 38 meter (12 row)

**Min Backreach From Land Side** : 12.19 meter

**S.W.L Under Lifting Beam** : 35 ton

**S.W.L Under Spreader** : 45 ton

**Span Leg to Leg** : 15.50 meter

**Power** : 541.5 KW



Gambar 2. 17. IHI Crane

➤ **Container Crane Dermaga Internasional (CC1 – CC4)**

**Brand** : KONE Crane

**Year Built** : 1990

**Amount** : 4

**Position** : International Quay

**Type Crane** : Panamax

**Lifting Under Spreader Above Rail Level** : 27 meter

**Lifting Under Spreader Below Rail Level** : 13 meter

**Max Outreach From Sea Side** : 37.25 meter (13 row)

**Min Backreach From Land Side** : 16 meter

**S.W.L Under Lifting Beam** : 45 ton

**S.W.L Under Spreader** : 35 ton

**Span Leg to Leg** : 15.55 meter

**Power** : 750.5 KW



Gambar 2. 18. KONE Crane

- **Container Crane Dermaga Internasional (CC5)**
  - Brand :** HITACHI Crane
  - Year Built :** 1980/1997
  - Amount :** 1
  - Position :** International Quay
  - Type Crane :** Panamax
  - Lifting Under Spreader Above Rail Level :** 25.90 meter
  - Lifting Under Spreader Below Rail Level :** 13.72 meter
  - Max Outreach From Sea Side :** 38.10 meter (13 row)
  - Min Backreach From Land Side :** 15.24 meter
  - S.W.L Under Lifting Beam :** 45 ton
  - S.W.L Under Spreader :** 35 ton
  - Span Leg to Leg :** 15.35 meter
  - Power :** 781.5 KW
  
- **Container Crane Dermaga Internasional (CC6, CC8, CC9, CC10)**
  - Brand :** IMPSA Crane
  - Year Built :** 2002
  - Amount :** 4
  - Position :** International Quay
  - Type Crane :** Post Panamax
  - Lifting Under Spreader Above Rail Level :** 32 meter
  - Lifting Under Spreader Below Rail Level :** 15 meter
  - Max Outreach From Sea Side :** 39.75 meter (14 row)
  - Min Backreach From Land Side :** 16 meter
  - S.W.L Under Lifting Beam :** 50 ton
  - S.W.L Under Spreader :** 45 ton
  - Span Leg to Leg :** 17 meter
  - Power :** 1097.5 KW

➤ **Container Crane Dermaga Internasional (CC14 – CC16)**

**Brand :** KONE Crane

**Year Built :** 2015

**Amount :** 3

**Position :** International Quay

**Type Crane :** Panamax

**Lifting Under Spreader Above Rail Level :** 34 meter

**Lifting Under Spreader Below Rail Level :** 15 meter

**Max Outreach From Sea Side :** 46 meter

**Min Backreach From Land Side :** 16 meter

**S.W.L Under Lifting Beam :** 65 ton

**Power :** 1215.5 KW



Gambar 2. 19. KONE Crane

➤ **Container Crane Dermaga Internasional (CCX & CC20)**

**Brand :** KONE Crane

**Year Built :** 1990

**Amount :** 4

**Position :** International Quay

**Type Crane :** Panamax

**Lifting Under Spreader Above Rail Level :** 27 meter

**Lifting Under Spreader Below Rail Level :** 13 meter

**Max Outreach From Sea Side :** 37.25 meter (13 row)

**Min Backreach From Land Side :** 16 meter

**S.W.L Under Lifting Beam :** 45 ton

**S.W.L Under Spreader :** 35 ton

**Span Leg to Leg :** 15.55 meter

**Power :** 750.5 KW

## 2.6. Analisa Aliran Daya Listrik

Analisa aliran daya listrik (*load flow analysis*) merupakan analisa yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran daya yang berupa pengaruh dari variasi beban dan rugi-rugi transmisi pada aliran daya. Aliran daya pada suatu sistem tenaga listrik secara garis besar adalah suatu peristiwa daya yang mengalir, adapun daya tersebut berupa daya aktif (P) dan daya reaktif (Q) dari suatu sistem pembangkit melalui suatu saluran atau jaringan transmisi hingga sampai ke sisi beban. Pada kondisi ideal, maka daya yang diberikan oleh pembangkit akan sama dengan daya yang diterima oleh beban. Namun, pada kondisi real, daya yang diberikan oleh pembangkit tidak akan sama dengan daya yang diterima oleh beban (*Modul Pelatihan, 2013*).

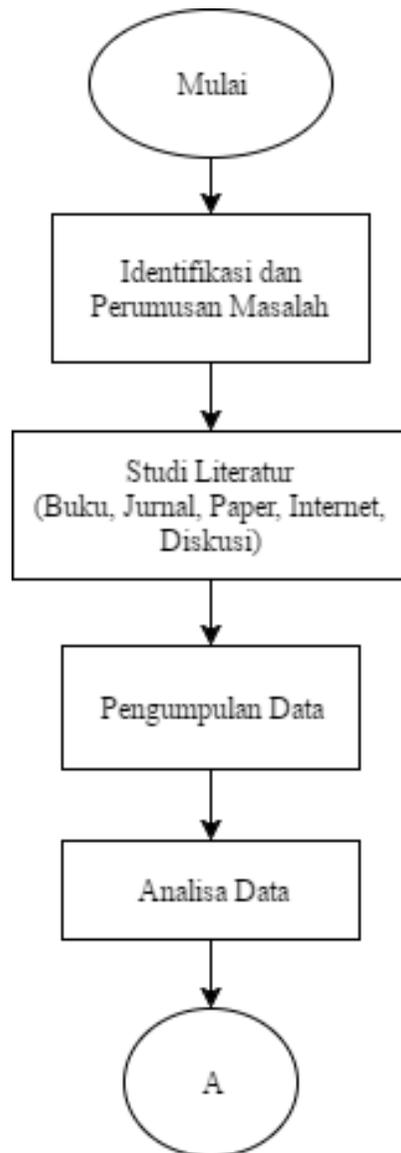
Dalam melakukan analisa aliran daya listrik, diperlukan suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) yang merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Elemen elektrik seperti pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, busbar maupun konduktor dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandarisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri ke kanan yang sama maupun atas ke bawah. Dalam *software* simulasi yang akan digunakan dalam menganalisa aliran daya listrik, terdapat 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan Analisa kelistrikan, yaitu ANSI dan IEC. Perbedaan antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut.

Dalam penelitian ini, *software* simulasi akan digunakan dalam menganalisa aliran daya listrik yang bekerja pada seluruh *container crane* yang akan dilakukan elektrifikasi di PT. TPS. Dari hasil simulasi yang didapatkan, akan didapatkan nilai daya aktif dan daya reaktif serta nilai presentase tegangan pada setiap peralatan yang bekerja di *container crane*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

### BAB III METODOLOGI

Dalam penyusunan tugas akhir ini, diperlukan suatu kerangka penelitian yang terstruktur agar proses pengerjaan tugas akhir ini menjadi lebih mudah dan jelas sesuai dengan urutan pengerjaannya. Adapun *flow chart* atau diagram alur dari pengerjaan tugas akhir ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1. Diagram Alur Pengerjaan

Berdasarkan diagram alur pengerjaan yang ditunjukkan pada Gambar 3.1, tahapan-tahapan pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahapan paling awal dalam melakukan penyusunan tugas akhir. Pada tahap ini dilakukan perumusan terhadap permasalahan-permasalahan yang ditemui di lapangan, sehingga dapat dilakukan analisa dan pengkajian agar permasalahan tersebut dapat diselesaikan dengan baik. Adapun perumusan masalah ini dapat dilakukan dengan cara mengamati dan menggali informasi mengenai suatu permasalahan yang terjadi di lapangan.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan selanjutnya yang dilakukan setelah dilakukan perumusan masalah. Dalam tahapan ini, dilakukan pencarian terhadap sumber-sumber terkait yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dilakukan analisa atau pengkajian. Adapun sumber-sumber tersebut dapat berupa buku, jurnal, paper atau sumber dari media internet .

3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data selanjutnya merupakan tahapan yang sangat penting untuk dilakukan pada penyusunan tugas akhir ini. Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan dalam melakukan analisis maupun kajian terhadap permasalahan yang sedang dihadapi. Dalam penyusunan tugas akhir ini, terdapat beberapa data di lapangan yang dibutuhkan, adapun data-data tersebut meliputi spesifikasi *container crane*, lama waktu proses bongkar muat, daya listrik yang dibutuhkan dalam proses bongkar muat, kapasitas daya listrik yang harus dikeluarkan dalam proses bongkar muat serta spesifikasi pengaman.

4. Analisa Data

Tahapan selanjutnya yaitu melakukan analisa data terhadap data-data yang telah didapatkan pada tahap pengumpulan data. Apaun pada tahapan ini dilakukan perhitungan beban listrik, *wiring diagram junction power* serta pemilihan kabel-kabel pengaman dan busbar. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan.

5. Pembuatan Rangkaian Sistem Kelistrikan dengan Menggunakan *Software* Simulasi

Pada tahap ini, dilakukan penggambaran atau pembuatan rangkaian sistem kelistrikan *container crane* dengan menggunakan software simulasi. Pembuatan rangkaian kelistrikan digambarkan dengan diagram saluran tunggal (*single line diagram*) yang merupakan representasi dari sistem kelistrikan yang beroperasi secara *real* di lapangan.

6. **Analisa Aliran Daya Listrik dengan Menggunakan *Software* Simulasi**  
Tahapan analisa aliran daya listrik merupakan tahapan selanjutnya yang dilakukan setelah dilakukan proses pembuatan *single line diagram* dari sistem kelistrikan. Analisa aliran daya listrik bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran daya yang bekerja pada suatu komponen. Analisa aliran daya juga dapat digunakan untuk mengetahui rugi-rugi transmisi pada aliran daya.
  
7. **Kesimpulan dan Saran**  
Kesimpulan dan saran merupakan tahapan akhir dalam penyusunan tugas akhir ini. Pada tahap ini akan ditarik kesimpulan dari keseluruhan isi tugas akhir yang berkaitan dengan permasalahan serta analisa yang telah dilakukan berdasarkan perhitungan. Adapun saran pada tugas akhir ini merupakan masukan-masukan yang diharapkan dapat bermanfaat untuk mengembangkan penelitian-penelitian selanjutnya mengenai permasalahan terkait

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perhitungan Kebutuhan Daya Listrik *Container Crane*

Dalam melakukan perhitungan untuk menghitung besar kebutuhan daya listrik yang diperlukan dalam operasional *container crane*, dibutuhkan perhitungan beban daya listrik yang terdapat pada setiap motor-motor listrik serta peralatan listrik lainnya yang beroperasi di *container crane*. Berdasarkan dari data yang didapatkan dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, terdapat 14 *container crane* yang beroperasi untuk kegiatan bongkar muat, dengan rincian yaitu 12 *container crane* di dermaga Internasional dan 2 *container crane* di dermaga Domestik. Adapun perhitungan beban listrik pada setiap komponen kelistrikan yang terdapat pada seluruh unit *container crane* adalah sebagai berikut.

#### 4.1.1. Perhitungan Beban pada Motor Listrik

Perhitungan beban pada motor-motor listrik yang terdapat di *container crane* merupakan hal yang sangat penting dilakukan, karena kebutuhan daya listrik terbesar diperoleh dari operasional motor-motor listrik yang beroperasi di *container crane*. Adapun motor-motor listrik tersebut antara lain motor *hoist*, motor *gantry*, motor *trolley* serta motor *boom*. Perhitungan beban seluruh motor-motor listrik yang terdapat pada seluruh *container crane* dilakukan berdasarkan spesifikasi yang terdapat di PT. Terminal Petikemas Surabaya.

Berdasarkan data-data yang telah didapatkan, terdapat 14 *container crane* yang beroperasi untuk kegiatan bongkar muat, dengan rincian yaitu 9 KONE Crane, 1 HITACHI Crane, 4 IMPSA Crane, serta 2 IHI Crane. Adapun spesifikasi dari motor-motor listrik yang bekerja berdasarkan *container crane* adalah seperti ditunjukkan pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.7.

Tabel 4. 1. Spesifikasi Motor Listrik KONE Crane (CC1 – CC4)

No.	Peralatan	Spesifikasi	Daya
1	Motor Hoist	280KW/440VDC/1714 Rpm SM	280 KW
2	Motor Gantry	8X22.5KW/220VDC/1800 Rpm SM	180 KW
3	Motor Trolley	100KW/440VDC/1750 Rpm SM	100 KW
4	Motor Boom	55KW/440VDC/1625 Rpm SM	55 KW
<b>Total</b>			<b>615 KW</b>

Tabel 4. 2. Spesifikasi Motor Listrik KONE Crane (CC 14 – CC16)

No.	Peralatan	Spesifikasi	Daya
1	Motor Hoist	2x500KW S3-ED	1000 KW
2	Motor Gantry	24X22KW S3-ED	528 KW
3	Motor Trolley	4X37KW S3-ED	148 KW
4	Motor Boom	132KW S3-ED	132 KW
<b>Total</b>			<b>1080 KW</b>

Tabel 4. 3. Spesifikasi Motor Listrik KONE Crane (CCX &amp; CC20)

No.	Peralatan	Spesifikasi	Daya
1	Motor Hoist	280KW/440VDC/1714 Rpm SM	280 KW
2	Motor Gantry	8X22.5KW/220VDC/1800 Rpm SM	180 KW
3	Motor Trolley	100KW/440VDC/1750 Rpm SM	100 KW
4	Motor Boom	55KW/440VDC/1625 Rpm SM	55 KW
<b>Total</b>			<b>615 KW</b>

Tabel 4. 4. Spesifikasi Motor Listrik HITACHI Crane (CC5)

No.	Peralatan	Spesifikasi	Daya
1	Motor Hoist	420KW/440VDC/1300-650 Rpm HITACHI	420 KW
2	Motor Gantry	4X30KW/220VDCx2/1750 Rpm HITACHI	120 KW
3	Motor Trolley	2X30KW/220VDCx2/1150 Rpm HITACHI	60 KW
4	Motor Boom	65KW/440VDC/2000 Rpm HITACHI	65 KW
<b>Total</b>			<b>665 KW</b>

Tabel 4. 5. Spesifikasi Motor Listrik IMPSA Crane (CC6. CC8. CC9. CC10)

No.	Peralatan	Spesifikasi	Daya
1	Motor Hoist	2X290KW/575VAC/1600 Rpm GE	580 KW
2	Motor Gantry	8X19KW/575VAC/1500 Rpm GE	152 KW
3	Motor Trolley	4X35KW/575VAC/1750 Rpm GE	140 KW
4	Motor Boom	70KW/575VAC/1750 Rpm GE	70 KW
<b>Total</b>			<b>942 KW</b>

Tabel 4. 6. Spesifikasi Motor Listrik IHI Crane (CC11)

No.	Peralatan	Spesifikasi	Daya
1	Motor Hoist	300KW/440VDC/1300 Rpm IHI	300 KW
2	Motor Gantry	8X15KW/220V/1700 Rpm IHI	120 KW
3	Motor Trolley	2X37KW/440V/1170 Rpm IHI	74 KW
4	Motor Boom	45KW/440V/1750 Rpm IHI	45 KW
<b>Total</b>			<b>539 KW</b>

Tabel 4. 7. Spesifikasi Motor Listrik IHI Crane (CC12)

No.	Peralatan	Spesifikasi	Daya
1	Motor Hoist	400KW/450VDC/1600 Rpm IHI	400 KW
2	Motor Gantry	8X15KW/220V/1700 Rpm IHI	120 KW
3	Motor Trolley	8X15KW/220V/1700 Rpm IHI	120 KW
4	Motor Boom	45KW/440V/1750 Rpm IHI	45 KW
<b>Total</b>			<b>685 KW</b>

#### 4.1.2. Perhitungan Beban pada Komponen-Komponen Listrik

Perhitungan beban listrik yang diperlukan oleh *container crane* juga ditentukan dari besar beban daya listrik yang terdapat pada seluruh peralatan listrik lainnya yang bekerja di *container crane*. Adapun peralatan-peralatan listrik lainnya yang bekerja di *container crane* yaitu *trim-list motor, main hoist brake, trolley brake, gantry brake, wheel brake, boom hoist brake, emergency brake for boom drum, spreader, fuel pump, man lift, air conditioning, lighting, serta auxiliary*. Besar beban listrik dari seluruh komponen-komponen tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 8. Perhitungan Beban Daya Listrik Pada Komponen-Komponen Listrik

No	Specification	KONE	HITACHI	IMPESA	IHI
		Total KW	Total KW	Total KW	Total KW
1	Trim-List Motor	234	15	88	14
2	Main Hoist Brake	36	4	32	8
3	Trolley Brake	27	4	48	8
4	Gantry Brake	72	6	32	24
5	Wheel Brake	180	20	80	40
6	Boom Hoist Brake	27	3	12	6
7	Emergency Brake for Boom Drum	36	4	60	8
8	Spreader	67.5	7.5	30	15
9	Fuel Pump	45	5	20	10
10	Man Lift	90	10	40	20
11	Air Conditioning	90	6	40	4
12	Lighting	135	12	60	24
13	Auxiliary	180	20	80	40
<b>Total</b>		1219.5	116.5	622	221

Berdasarkan data-data perhitungan yang telah didapatkan pada Tabel 4.8, maka total kebutuhan daya listrik yang didapat dari kegiatan operasional seluruh *container crane* yang bekerja di PT. Terminal Petikemas Surabaya yaitu ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9. Perhitungan Besar Beban Total Pada Seluruh *Container Crane*

No.	Specification	KONE	HITACHI	IMPESA	IHI
		Total KW	Total KW	Total KW	Total KW
1	Motor Hoist	4680	420	2320	700
2	Motor Gantry	2664	120	608	240
3	Motor Trolley	1044	60	560	194
4	Motor Boom	726	65	280	90
5	Trim-List Motor	234	15	88	14
6	Main Hoist Brake	36	4	32	8

7	Trolley Brake	27	4	48	8
8	Gantry Brake	72	6	32	24
9	Wheel Brake	180	20	80	40
10	Boom Hoist Brake	27	3	12	6
11	Emergency Brake for Boom Drum	36	4	60	8
12	Spreader	67.5	7.5	30	15
13	Fuel Pump	45	5	20	10
14	Man Lift	90	10	40	20
15	Air Conditioning	234	6	40	4
16	Lighting	36	12	60	24
17	Auxiliary	27	20	80	40
<b>Total</b>		10333.5	781.5	4390	1445
<b>16950</b>					

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan pada Tabel 4.8. didapatkan total beban daya listrik yang diperlukan untuk seluruh unit *container crane*, baik *container crane* yang beroperasi di terminal Internasional maupun Domestik adalah sebesar **16950 KW**. dimana dari hasil total beban daya ini, konsumsi daya listrik terbesar didapatkan dari operasional motor *hoist* yaitu sebesar 8120 KW, lalu disusul dengan operasional dari motor *gantry* sebesar 3632 KW dan motor *trolley* sebesar 1858 KW. Adapun konsumsi daya listrik terkecil didapatkan dari operasional *boom hoist brake* yaitu sebesar 48 KW.

#### 4.2. Perhitungan *Wiring Diagram Junction Power*

*Wiring diagram* merupakan skema alur tegangan listrik dan arus listrik yang ada pada suatu peralatan listrik. Adapun *wiring diagram junction power* merupakan skema untuk mengetahui berapa besar daya atau *power* dari tiap-tiap komponen yang ada pada suatu peralatan dan juga untuk mengetahui berapa besar arus yang mengalir pada tiap-tiap komponen tersebut (*Iqbal, Muhammad : 2011*).

Dalam melakukan perhitungan *wiring diagram junction power*, diperlukan data-data mengenai arus nominal serta arus *start* dari komponen-komponen listrik yang berada di *container crane*. Dari data-data arus nominal serta arus *start* tersebut, akan didapatkan data-data mengenai jenis kabel pengaman serta busbar yang akan digunakan. Adapun perhitungan-perhitungan yang digunakan dalam melakukan perhitungan *wiring diagram junction power* adalah sebagai berikut.

##### 4.2.1. Perhitungan Arus Nominal dan Arus Start

Perhitungan arus *start* merupakan perhitungan yang penting dilakukan. karena pada perhitungan arus *start*. kita dapat mengetahui besar arus *start* atau lonjakan arus dari motor-motor listrik yang beroperasi di *container crane*. Umumnya, motor induksi memiliki arus *start* yang besar hingga mencapai beberapa kali lipat dari arus nominalnya, yaitu 2 hingga 3 kali dari arus nominalnya, sehingga perhitungan arus *start* tersebut harus

dilakukan secara tepat untuk faktor keamanan dalam perhitungan kebutuhan daya listrik.

Perhitungan arus *start* pada motor-motor induksi yang bekerja pada *container crane* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$I_{start} = 3 \times I_{nominal} \dots \dots \dots [1]$$

Dengan menggunakan rumus tersebut, maka perhitungan nilai arus *start* pada motor-motor induksi yang bekerja pada *container crane* dijabarkan dalam Tabel 4.10 hingga Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4. 10. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus *Start* KONE Crane (CC1 – CC4)

No.	Peralatan	$I_{nominal}$	$I_{start}$
1	Motor Hoist	32.94 A	98.82 A
2	Motor Gantry	21.18	63.53 A
3	Motor Trolley	11.76 A	35.29 A
4	Motor Boom	6.47 A	19.41 A

Tabel 4. 11. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus *Start* KONE Crane (CC14 – CC16)

No.	Peralatan	$I_{nominal}$	$I_{start}$
1	Motor Hoist	84.90 A	254.71 A
2	Motor Gantry	44.83 A	134.49 A
3	Motor Trolley	12.57 A	37.70 A
4	Motor Boom	11.21 A	33.62 A

Tabel 4. 12. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus *Start* KONE Crane (CCX & CC20)

No.	Peralatan	$I_{nominal}$	$I_{start}$
1	Motor Hoist	32.94 A	98.82 A
2	Motor Gantry	21.18	63.53 A
3	Motor Trolley	11.76 A	35.29 A
4	Motor Boom	6.47 A	19.41 A

Tabel 4. 13. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus *Start* HITACHI Crane (CC5)

No.	Peralatan	$I_{nominal}$	$I_{start}$
1	Motor Hoist	49.41 A	148.24 A
2	Motor Gantry	14.12 A	42.35 A
3	Motor Trolley	7.06 A	21.18 A
4	Motor Boom	7.65 A	22.94 A

Tabel 4. 14. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus *Start* IMPSA Crane (CC6, CC8, CC9, CC10)

No.	Peralatan	$I_{nominal}$	$I_{start}$
1	Motor Hoist	49.24 A	147.73 A
2	Motor Gantry	12.91 A	38.72 A
3	Motor Trolley	11.89 A	35.66 A
4	Motor Boom	5.94 A	17.83 A

Tabel 4. 15. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus *Start* IHI Crane (CC11)

No.	Peralatan	$I_{nominal}$	$I_{start}$
1	Motor Hoist	35.29 A	105.88 A
2	Motor Gantry	14.12 A	42.35 A
3	Motor Trolley	8.71 A	26.12 A
4	Motor Boom	5.29 A	15.88 A

Tabel 4. 16. Perhitungan Nilai Arus Nominal dan Arus *Start* IHI Crane (CC12)

No.	Peralatan	$I_{nominal}$	$I_{start}$
1	Motor Hoist	47.06 A	141.18 A
2	Motor Gantry	14.12 A	42.35 A
3	Motor Trolley	14.12 A	42.35 A
4	Motor Boom	5.29 A	15.88 A

Berdasarkan Tabel 4.10. hingga Tabel 4.16 diatas, dapat dilihat bahwa arus *start* umumnya memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan arus nominalnya. Adapun arus *start* terbesar didapatkan dari operasional motor *hoist* pada *container crane* KONE Crane CC14 – CC16 yaitu sebesar 254.71 A. sedangkan arus *start* terkecil didapatkan dari operasional motor *boom* pada IHI Crane CC11 – CC12 yaitu sebesar 15.88 A.

#### 4.2.2. Perhitungan Kabel Pengaman

Perhitungan kabel pengaman bertujuan untuk menentukan diameter kabel pengaman yang digunakan agar tidak terjadi lonjakan atau kelebihan beban (*Iqbal. Muhammad : 2011*). Kabel pengaman berfungsi sebagai proteksi terhadap peralatan listrik terhadap kondisi yang tidak normal. seperti beban berlebih atau terjadi hubungan singkat arus listrik. dengan cara memutuskan arus gangguan dan mengisolasi gangguan yang terjadi.

Dalam melakukan penentuan kabel pengaman yang diperlukan pada MCB, dibutuhkan perhitungan mengenai nilai arus nominal serta nilai arus *start* terbesar pada motor-motor listrik yang berada di *container crane*, selanjutnya dilakukan perhitungan arus total dari penjumlahan arus nominal serta arus *start* yang telah didapatkan. Adapun rumus yang dapat digunakan untuk menentukan besar nilai arus nominal adalah sebagai berikut :

Untuk motor listrik arus searah :

$$I = \frac{P}{V} \dots\dots\dots[2]$$

Untuk motor listrik arus bolak balik tiga fasa:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos\phi} \dots\dots\dots[3]$$

Setelah diketahui besar nilai arus nominal, maka langkah selanjutnya yaitu menghitung besar arus total yang mengalir dalam satu *container crane*. Adapun besar nilai arus total dapat dihitung sebagai berikut :

$$I_{total} = I_{nominal} + I_{komponen\ arus\ terbesar} \dots\dots\dots[4]$$

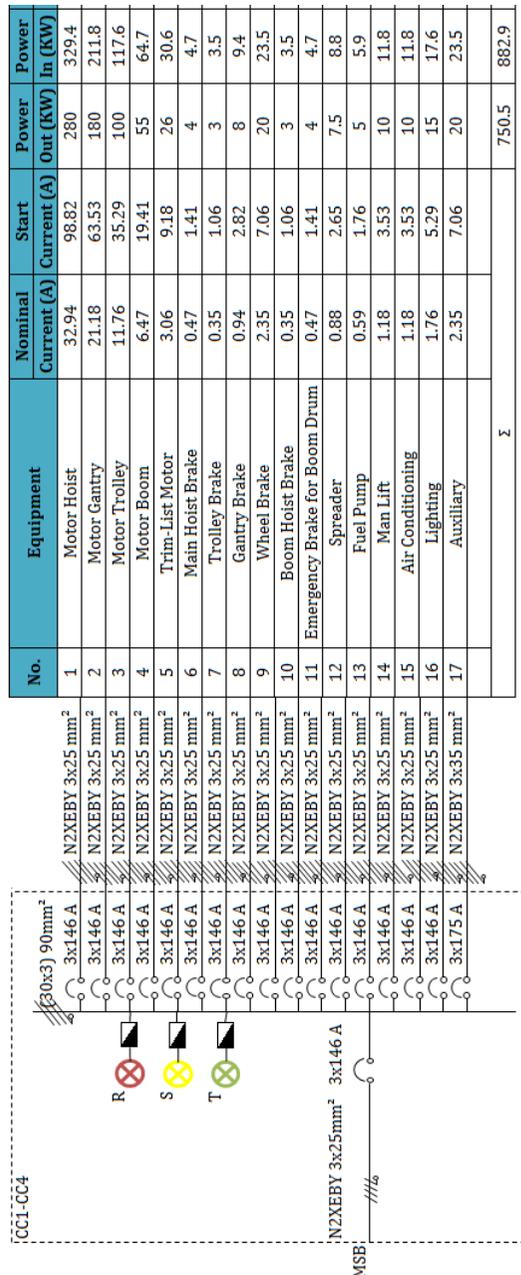
Nilai arus total yang telah didapatkan selanjutnya digunakan untuk menentukan jenis kabel pengaman yang akan digunakan. Adapun jenis kabel pengaman yang digunakan dapat dilihat pada *wiring diagram junction power* yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 hingga Gambar 4.7.

**4.2.3. Perhitungan Busbar**

*Busbar* merupakan sebuah alat yang dapat menghantarkan tegangan dan arus listrik menuju peralatan-peralatan listrik. Perhitungan busbar bertujuan untuk menentukan jenis dan besar ukuran busbar yang akan digunakan dalam menghantarkan tegangan dan arus listrik menuju motor-motor listrik serta komponen-komponen listrik lainnya yang beroperasi di *container crane*. Dalam menentukan jenis dan ukuran busbar yang akan digunakan, dapat digunakan rumus sebagai berikut:

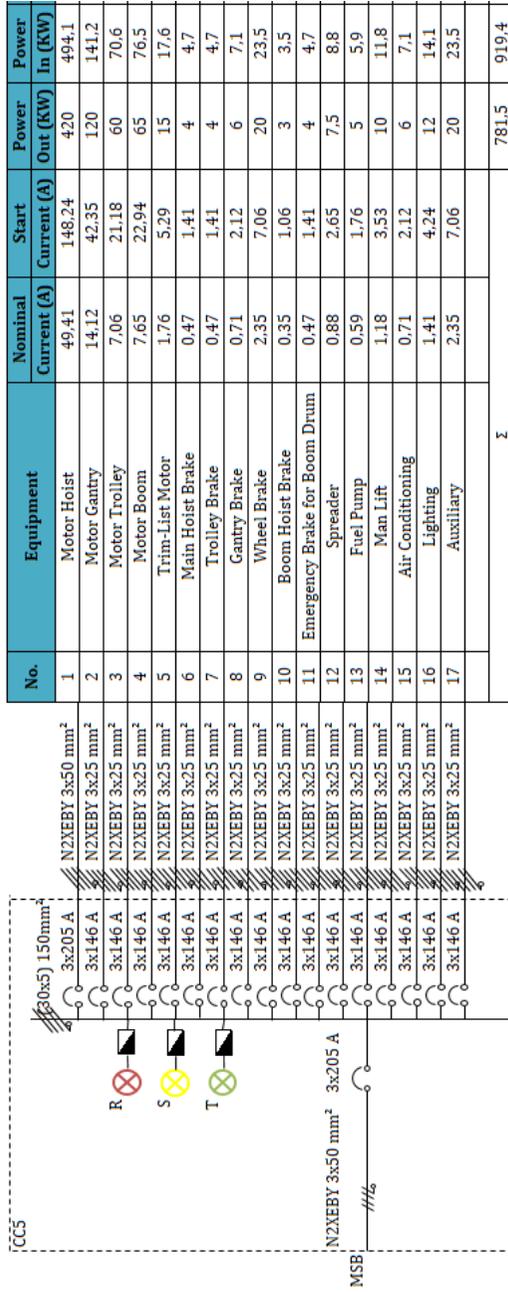
$$I_{busbar} = 4 \times I_{total} \dots\dots\dots[5]$$

Dari besar arus busbar yang telah didapatkan, maka langkah selanjutnya yaitu menentukan ukuran busbar yang sesuai pada tabel busbar dengan cara mencocokkan nilai arus busbar dengan nilai arus yang terdapat pada tabel. Adapun jenis dan ukuran busbar yang digunakan dapat dilihat pada *wiring diagram junction power* yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. hingga Gambar 4.7



Gambar 4. 1. Wiring Diagram Junction Power CC1 – CC4

Pada *wiring diagram junction power* CC1 – CC4 yang ditunjukkan pada Gambar 4.1, besar daya yang dibutuhkan pada operasional peralatan-peralatan listrik sesuai dengan spesifikasi dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, salah satunya yaitu Motor Hoist, adalah sebesar 280 KW. Perhitungan arus nominal pada motor hoist adalah sebesar 32.94 A. Adapun untuk besar arus *start* dari motor hoist, yaitu tiga kali besar arus nominal, yaitu sebesar 98.82 A. Dari besar arus nominal dan arus *start* yang telah didapatkan, maka selanjutnya didapatkan besar arus total dari motor hoist, yaitu sebesar 131.76 A. Nilai arus ini kemudian dicocokkan dengan spesifikasi kabel yang sesuai dengan nilai arus total yang telah didapatkan. Adapun kabel yang dipilih sesuai dengan arus total yang didapatkan adalah kabel N2XSEBY 3 x 25 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk memilih busbar yang akan digunakan, didapatkan dengan empat kali nilai arus total, yaitu sebesar 616.71 A. Nilai ini kemudian dicocokkan dengan Tabel Busbar pada Lampiran 1 sesuai dengan nilai arus yang didapatkan, sehingga didapatkan ukuran busbar yang akan digunakan yaitu busbar arus searah (30 x 3) dengan penampang 90 mm<sup>2</sup>.



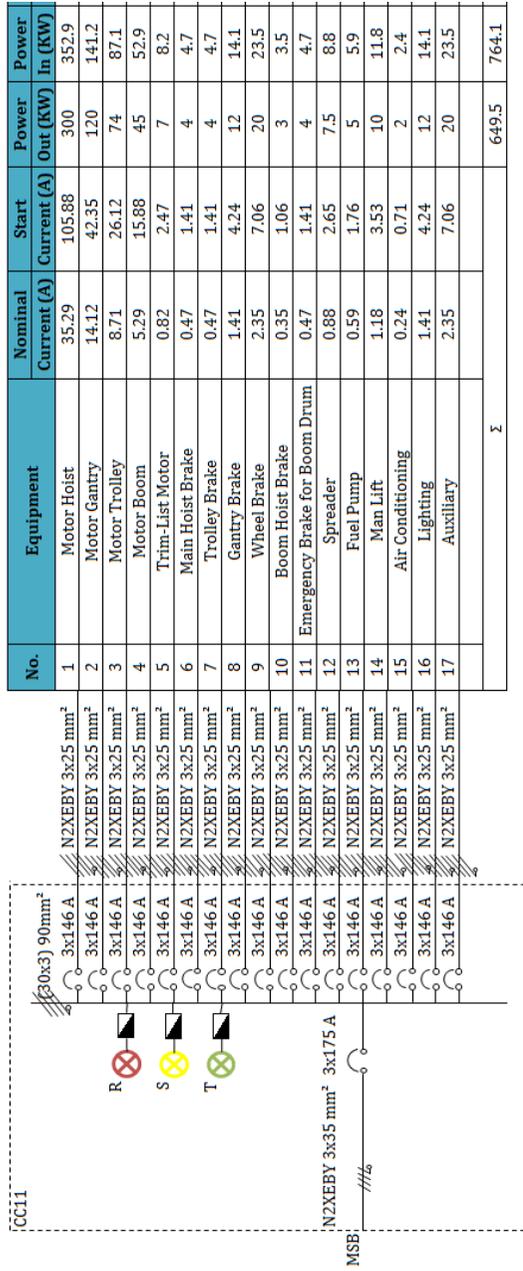
Gambar 4. 2. Wiring Diagram Junction Power CC5

Pada *wiring diagram junction power CC5* yang ditunjukkan pada Gambar 4.2, besar daya yang dibutuhkan pada operasional peralatan-peralatan listrik sesuai dengan spesifikasi dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, salah satunya yaitu Motor Hoist, adalah sebesar 420 KW. Perhitungan arus nominal pada motor hoist adalah sebesar 49.41 A. Adapun untuk besar arus *start* dari motor hoist, yaitu tiga kali besar arus nominal, yaitu sebesar 148.24 A. Dari besar arus nominal dan arus *start* yang telah didapatkan, maka selanjutnya didapatkan besar arus total dari motor hoist, yaitu sebesar 197.65 A. Nilai arus ini kemudian dicocokkan dengan spesifikasi kabel yang sesuai dengan nilai arus total yang telah didapatkan. Adapun kabel yang dipilih sesuai dengan arus total yang didapatkan adalah kabel N2XSEBY 3 x 50 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk memilih busbar yang akan digunakan, didapatkan dengan empat kali nilai arus total, yaitu sebesar 763 A. Nilai ini kemudian dicocokkan dengan Tabel Busbar pada Lampiran 1 sesuai dengan nilai arus yang didapatkan, sehingga didapatkan ukuran busbar yang akan digunakan yaitu busbar arus searah (30 x 5) dengan penampang 150 mm<sup>2</sup>.

No.	Equipment	Phase	Nominal Current (A)	Start Current (A)	Power Out (KW)	Power In (KW)	R	S	T
1	Motor Hoist	3Φ	49,24	147,73	580	682,4	227,45	227,45	227,45
2	Motor Gantry	3Φ	12,91	38,72	152	178,8	59,61	59,61	59,61
3	Motor Trolley	3Φ	11,89	35,66	140	164,7	54,90	54,90	54,90
4	Motor Boom	3Φ	5,94	17,83	70	82,4	27,45	27,45	27,45
5	Trim-List Motor	3Φ	1,87	5,60	22	25,9	8,63	8,63	8,63
6	Main Hoist Brake	3Φ	0,68	2,04	8	9,4	3,14	3,14	3,14
7	Trolley Brake	3Φ	1,02	3,06	12	14,1	4,71	4,71	4,71
8	Gantry Brake	3Φ	0,68	2,04	8	9,4	3,14	3,14	3,14
9	Wheel Brake	3Φ	1,70	5,09	20	23,5	7,84	7,84	7,84
10	Boom Hoist Brake	3Φ	0,25	0,76	3	3,5	1,18	1,18	1,18
11	Emergency Brake for Boom Drum	3Φ	1,27	3,82	15	17,6	5,88	5,88	5,88
12	Spreader	3Φ	0,64	1,91	7,5	8,8	2,94	2,94	2,94
13	Fuel Pump	3Φ	0,42	1,27	5	5,9	1,96	1,96	1,96
14	Man Lift	3Φ	0,85	2,55	10	11,8	3,92	3,92	3,92
15	Air Conditioning	3Φ	0,85	2,55	10	11,8	3,92	3,92	3,92
16	Lighting	3Φ	1,27	3,82	15	17,6	5,88	5,88	5,88
17	Auxiliary	3Φ	1,70	5,09	20	23,5	7,84	7,84	7,84
					1097,5	1291,2	430,4	430,4	430,4

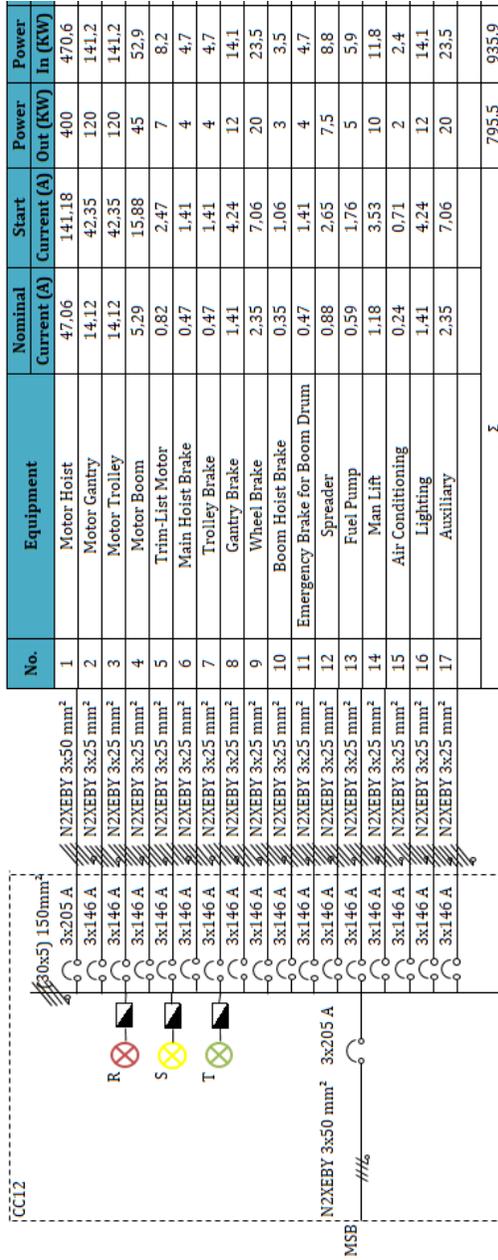
Gambar 4. 3. Wiring Diagram Junction Power CC6, CC8, CC9, CC10

Pada *wiring diagram junction power* CC6, CC8, CC9, CC10 yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, besar daya yang dibutuhkan pada operasional peralatan-peralatan listrik sesuai dengan spesifikasi dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, salah satunya yaitu Motor Hoist, adalah sebesar 580 KW. Perhitungan arus nominal pada motor hoist adalah sebesar 49.24 A. Adapun untuk besar arus *start* dari motor hoist, yaitu tiga kali besar arus nominal, yaitu sebesar 147.73 A. Dari besar arus nominal dan arus *start* yang telah didapatkan, maka selanjutnya didapatkan besar arus total dari motor hoist, yaitu sebesar 196.97 A. Nilai arus ini kemudian dicocokkan dengan spesifikasi kabel yang sesuai dengan nilai arus total yang telah didapatkan. Adapun kabel yang dipilih sesuai dengan arus total yang didapatkan adalah kabel N2XSEBY 3 x 50 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk memilih busbar yang akan digunakan, didapatkan dengan empat kali nilai arus total, yaitu sebesar 766.68 A. Nilai ini kemudian dicocokkan dengan Tabel Busbar pada Lampiran 1 sesuai dengan nilai arus yang didapatkan, sehingga didapatkan ukuran busbar yang akan digunakan yaitu busbar arus bolak balik (30 x 5) dengan penampang 150 mm<sup>2</sup>.



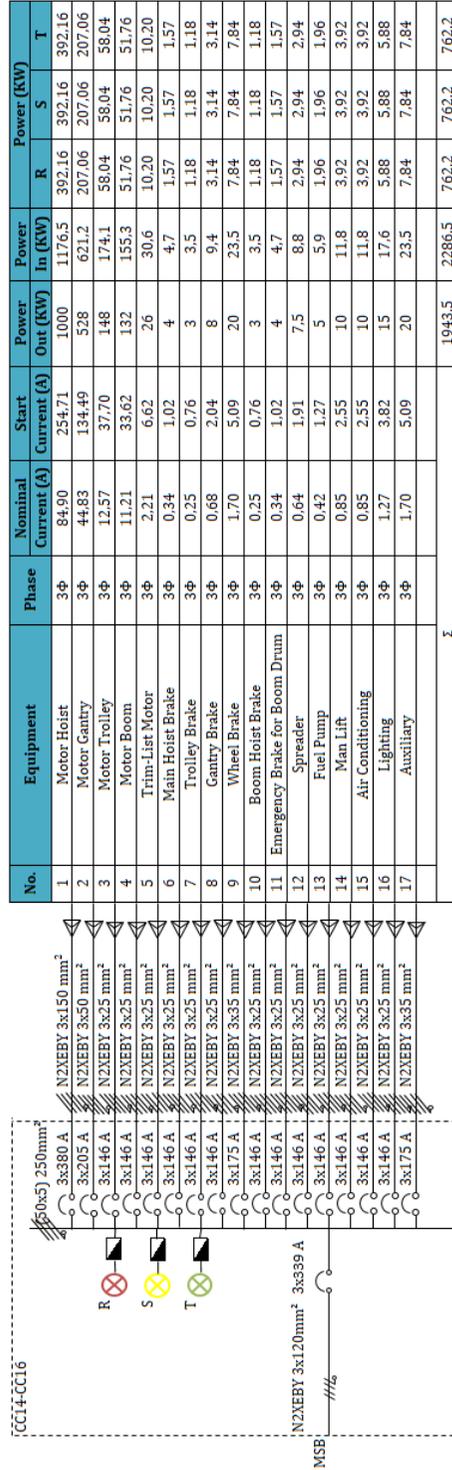
Gambar 4. 4. Wiring Diagram Junction Power CC11

Pada *wiring diagram junction power CC11* yang ditunjukkan pada Gambar 4.4, besar daya yang dibutuhkan pada operasional peralatan-peralatan listrik sesuai dengan spesifikasi dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, salah satunya yaitu Motor Hoist, adalah sebesar 300 KW. Perhitungan arus nominal pada motor hoist adalah sebesar 35.29 A. Adapun untuk besar arus *start* dari motor hoist, yaitu tiga kali besar arus nominal, yaitu sebesar 105.88 A. Dari besar arus nominal dan arus *start* yang telah didapatkan, maka selanjutnya didapatkan besar arus total dari motor hoist, yaitu sebesar 147 A. Nilai arus ini kemudian dicocokkan dengan spesifikasi kabel yang sesuai dengan nilai arus total yang telah didapatkan. Adapun kabel yang dipilih sesuai dengan arus total yang didapatkan adalah kabel N2XSEBY 3 x 25 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk memilih busbar yang akan digunakan, didapatkan dengan empat kali nilai arus total, yaitu sebesar 588 A. Nilai ini kemudian dicocokkan dengan Tabel Busbar pada Lampiran 1 sesuai dengan nilai arus yang didapatkan, sehingga didapatkan ukuran busbar yang akan digunakan yaitu busbar arus searah (30 x 3) dengan penampang 90 mm<sup>2</sup>.



Gambar 4. 5. Wiring Diagram Junction Power CC12

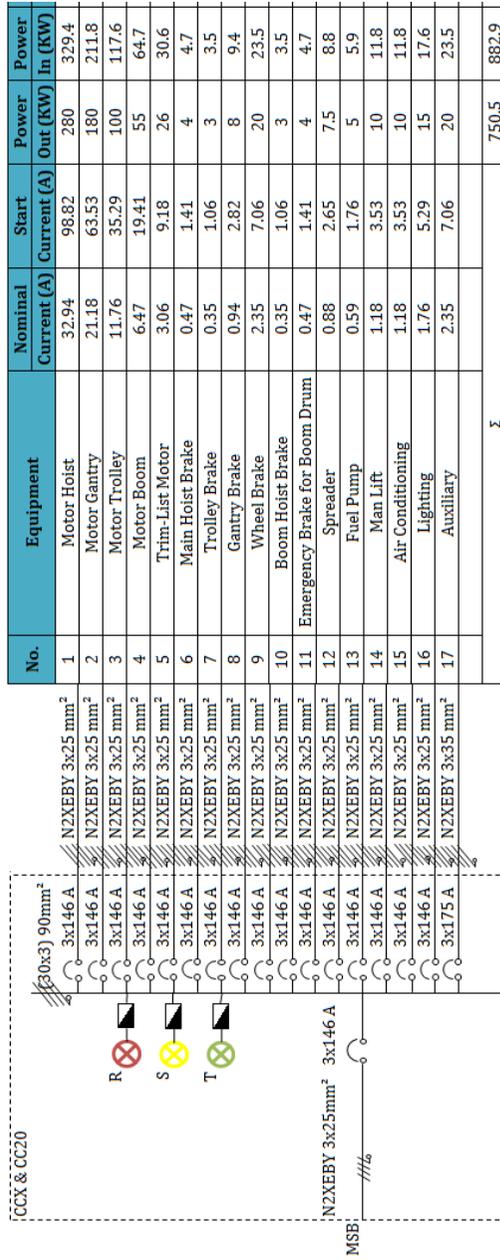
Pada *wiring diagram junction power CC12* yang ditunjukkan pada Gambar 4.5, besar daya yang dibutuhkan pada operasional peralatan-peralatan listrik sesuai dengan spesifikasi dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, salah satunya yaitu Motor Hoist, adalah sebesar 400 KW. Perhitungan arus nominal pada motor hoist adalah sebesar 47.06 A. Adapun untuk besar arus *start* dari motor hoist, yaitu tiga kali besar arus nominal, yaitu sebesar 141.18 A. Dari besar arus nominal dan arus *start* yang telah didapatkan, maka selanjutnya didapatkan besar arus total dari motor hoist, yaitu sebesar 187.71 A. Nilai arus ini kemudian dicocokkan dengan spesifikasi kabel yang sesuai dengan nilai arus total yang telah didapatkan. Adapun kabel yang dipilih sesuai dengan arus total yang didapatkan adalah kabel N2XSEBY 3 x 25 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk memilih busbar yang akan digunakan, didapatkan dengan empat kali nilai arus total, yaitu sebesar 751 A. Nilai ini kemudian dicocokkan dengan Tabel Busbar pada Lampiran 1 sesuai dengan nilai arus yang didapatkan, sehingga didapatkan ukuran busbar yang akan digunakan yaitu busbar arus searah (30 x 5) dengan penampang 150 mm<sup>2</sup>.



Gambar 4. 6. Wiring Diagram Junction Power CC14 – CC16

No.	Equipment	Phase	Nominal Current (A)	Start Current (A)	Power Out (KW)	Power In (KW)	Power (KW)	R	S	T	
1	Motor Hoist	3Φ	84.90	254.71	1000	1176.5	392.16	392.16	392.16	392.16	
2	Motor Gantry	3Φ	44.83	134.49	528	621.2	207.06	207.06	207.06	207.06	
3	Motor Trolley	3Φ	12.57	37.70	148	174.1	58.04	58.04	58.04	58.04	
4	Motor Boom	3Φ	11.21	33.62	132	155.3	51.76	51.76	51.76	51.76	
5	Trim-List Motor	3Φ	2.21	6.62	26	30.6	10.20	10.20	10.20	10.20	
6	Main Hoist Brake	3Φ	0.34	1.02	4	4.7	1.57	1.57	1.57	1.57	
7	Trolley Brake	3Φ	0.25	0.76	3	3.5	1.18	1.18	1.18	1.18	
8	Gantry Brake	3Φ	0.68	2.04	8	9.4	3.14	3.14	3.14	3.14	
9	Wheel Brake	3Φ	1.70	5.09	20	23.5	7.84	7.84	7.84	7.84	
10	Boom Hoist Brake	3Φ	0.25	0.76	3	3.5	1.18	1.18	1.18	1.18	
11	Emergency Brake for Boom Drum	3Φ	0.34	1.02	4	4.7	1.57	1.57	1.57	1.57	
12	Spreader	3Φ	0.64	1.91	7.5	8.8	2.94	2.94	2.94	2.94	
13	Fuel Pump	3Φ	0.42	1.27	5	5.9	1.96	1.96	1.96	1.96	
14	Man Lift	3Φ	0.85	2.55	10	11.8	3.92	3.92	3.92	3.92	
15	Air Conditioning	3Φ	0.85	2.55	10	11.8	3.92	3.92	3.92	3.92	
16	Lighting	3Φ	1.27	3.82	15	17.6	5.88	5.88	5.88	5.88	
17	Auxiliary	3Φ	1.70	5.09	20	23.5	7.84	7.84	7.84	7.84	
Σ							1943.5	2286.5	762.2	762.2	762.2

Pada *wiring diagram junction power* CC14 – CC16 yang ditunjukkan pada Gambar 4.6, besar daya yang dibutuhkan pada operasional peralatan-peralatan listrik sesuai dengan spesifikasi dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, salah satunya yaitu Motor Hoist, adalah sebesar 1000 KW. Perhitungan arus nominal pada motor hoist adalah sebesar 84.90 A. Adapun untuk besar arus *start* dari motor hoist, yaitu tiga kali besar arus nominal, yaitu sebesar 254.71 A. Dari besar arus nominal dan arus *start* yang telah didapatkan, maka selanjutnya didapatkan besar arus total dari motor hoist, yaitu sebesar 339.61 A. Nilai arus ini kemudian dicocokkan dengan spesifikasi kabel yang sesuai dengan nilai arus total yang telah didapatkan. Adapun kabel yang dipilih sesuai dengan arus total yang didapatkan adalah kabel N2XSEBY 3 x 150 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk memilih busbar yang akan digunakan, didapatkan dengan empat kali nilai arus total, yaitu sebesar 1339.28 A. Nilai ini kemudian dicocokkan dengan Tabel Busbar pada Lampiran 1 sesuai dengan nilai arus yang didapatkan, sehingga didapatkan ukuran busbar yang akan digunakan yaitu busbar arus bolak balik (50 x 5) dengan penampang 250 mm<sup>2</sup>.



Gambar 4. 7. Wiring Diagram Junction Power CCX & CC20

Pada *wiring diagram junction power CCX – CC20* yang ditunjukkan pada Gambar 4.7, besar daya yang dibutuhkan pada operasional peralatan-peralatan listrik sesuai dengan spesifikasi dari PT. Terminal Petikemas Surabaya, salah satunya yaitu Motor Hoist, adalah sebesar 280 KW. Perhitungan arus nominal pada motor hoist adalah sebesar 32.94 A. Adapun untuk besar arus *start* dari motor hoist, yaitu tiga kali besar arus nominal, yaitu sebesar 98.82 A. Dari besar arus nominal dan arus *start* yang telah didapatkan, maka selanjutnya didapatkan besar arus total dari motor hoist, yaitu sebesar 131.76 A. Nilai arus ini kemudian dicocokkan dengan spesifikasi kabel yang sesuai dengan nilai arus total yang telah didapatkan. Adapun kabel yang dipilih sesuai dengan arus total yang didapatkan adalah kabel N2XSEBY 3 x 25 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk memilih busbar yang akan digunakan, didapatkan dengan empat kali nilai arus total, yaitu sebesar 616.71 A. Nilai ini kemudian dicocokkan dengan Tabel Busbar pada Lampiran 1 sesuai dengan nilai arus yang didapatkan, sehingga didapatkan ukuran busbar yang akan digunakan yaitu busbar arus searah (30 x 3) dengan penampang 90 mm<sup>2</sup>.

### 4.3. Analisa Aliran Daya

Analisa aliran daya merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui kondisi sistem dalam keadaan normal, sehingga sangat dibutuhkan dalam perencanaan sistem untuk masa yang akan datang dan merupakan bahan evaluasi terhadap sistem yang ada (*Salman, Rudi*). Analisa aliran daya yang dilakukan terhadap suatu sistem kelistrikan memiliki beberapa keuntungan, antara lain :

- Analisa aliran daya dapat mengetahui besar setiap tegangan pada sinyal yang ada dalam sistem.
- Analisa aliran daya dapat mengetahui semua peralatan, apakah peralatan-peralatan tersebut memenuhi batas yang ditentukan untuk menyalurkan daya yang diinginkan.
- Analisa aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui kondisi mula pada perencanaan sistem yang baru.
- Pada hubungan singkat, analisa aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui stabilitas pembebanan ekonomis.

Dalam rangkaian sistem kelistrikan, daya listrik akan selalu mengalir menuju beban, sehingga dalam hal ini, aliran daya juga merupakan aliran beban. Dalam melakukan analisa aliran daya dengan menggunakan software simulasi, diperlukan penggambaran *Single Line Diagram* yang merupakan gambar teknis yang merepresentasikan keadaan *existing* suatu sistem tenaga listrik, sehingga untuk melakukan analisa aliran daya, diperlukan *single line diagram* yang lengkap dan sesuai dengan keadaan yang sesungguhnya.

#### 4.3.1. *Single Line Diagram*

*Single line diagram* merupakan gambar teknis yang merepresentasikan keadaan eksisting suatu sistem tenaga listrik. Untuk memudahkan proses dalam penggambaran *single line diagram* suatu sistem, penggambaran diawali dengan menggambar bagian sumber tenaga listrik hingga menuju ke beban. Terdapat dua standar yang dapat digunakan dalam melakukan penggambaran maupun analisis dengan menggunakan software simulasi, yaitu ANSI dan IEC.

Dalam melakukan penggambaran *single line diagram*, langkah pertama yang harus dilakukan yaitu memilih standar untuk menentukan gambar dari simbol peralatan yang akan digunakan. Selain itu, harus ditentukan pula nilai dari frekuensi sistem. Setelah melakukan penempatan simbol-simbol dalam rangkaian kelistrikan, maka selanjutnya yaitu mengisi data peralatan, lalu melakukan analisa aliran daya. Adapun penggambaran *single line diagram* dari sistem kelistrikan di PT. Terminal Petikemas Surabaya dengan menggunakan *software* simulasi ditunjukkan pada Gambar 4.8.



#### 4.3.2. Analisa Aliran Daya

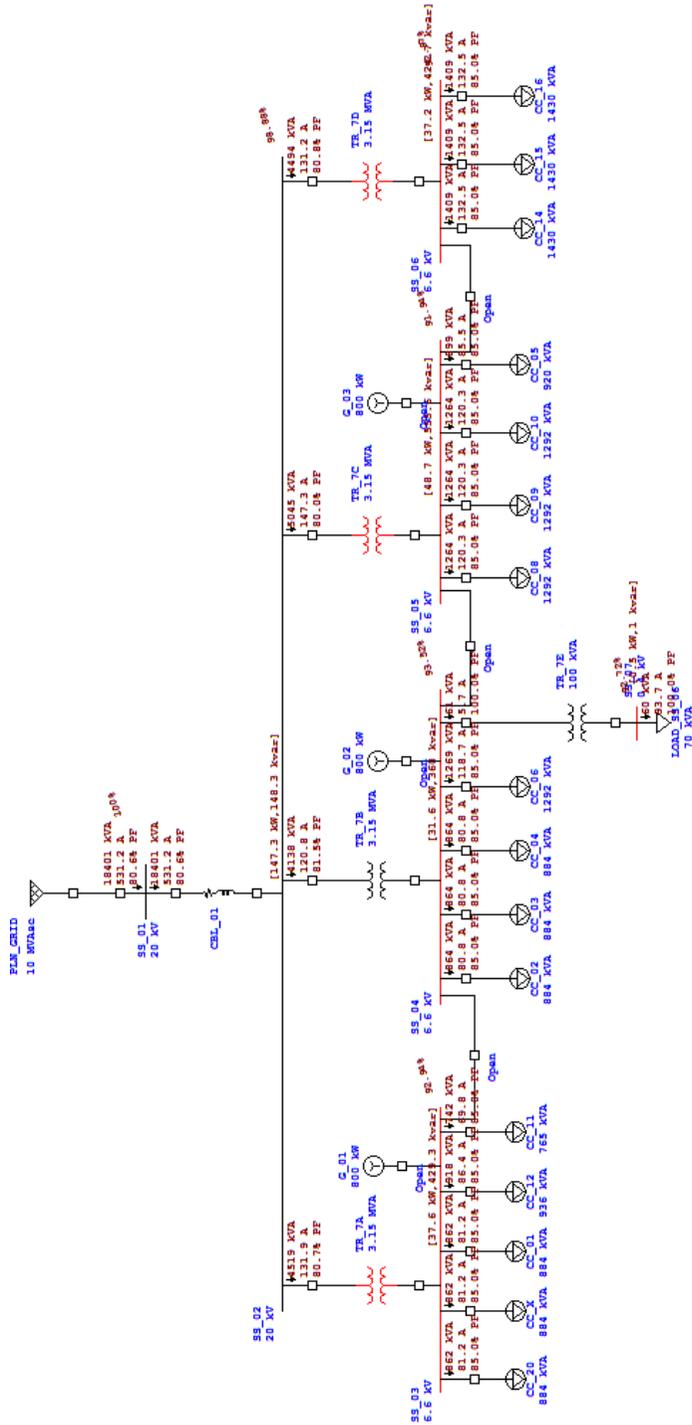
Setelah seluruh peralatan dalam *single line diagram* telah terisi secara lengkap, maka langkah selanjutnya yaitu melakukan *running load flow analysis* dalam program *software* simulasi. Dalam penelitian ini, akan dilakukan beberapa skenario aliran daya pada *container crane* yang beroperasi. Beberapa skenario aliran daya yang akan dilakukan *running* yaitu :

- Skenario 1 : seluruh *container crane* (CC) beroperasi
- Skenario 2 : CC9 & CC10; CC6 & CC4; dan CC11 & CC12 beroperasi
- Skenario 3 : CC8, CC9 & CC10; dan CC3, CC4 & CC6 beroperasi
- Skenario 4 : CC8, CC9 & CC10; CC4 & CC6, CC20; dan CC14 & CC15 beroperasi
- Skenario 5 : CC8, CC9 & CC10; CC3, CC4 & CC6; CC11 & CC12; dan CC15 & CC16 beroperasi

Setelah melakukan *running* analisa aliran daya pada beberapa skenario operasional CC, langkah selanjutnya yaitu menganalisis hasil simulasi dari program *software* simulasi yang digunakan. Dalam melakukan analisis suatu sistem atau peralatan pada *software* simulasi, terdapat 2 inisiasi parameter batas atau standar untuk menyatakan suatu sistem atau peralatan dalam keadaan abnormal. Kedua parameter tersebut yaitu kondisi ***critical*** yang ditandai dengan warna merah, serta kondisi ***marginal*** yang ditandai dengan warna merah muda. Kondisi ***critical*** merupakan standar atau batas suatu peralatan atau sistem dapat dinyatakan dalam keadaan kritis, dimana jika terlampaui maka akan menyebabkan kerusakan atau kegagalan operasi pada komponen. Adapun kondisi ***marginal*** merupakan standar atau batas suatu peralatan atau sistem hampir memasuki range batas kritis, sehingga perlu dipertimbangkan adanya mekanisme perbaikan (*Simulasi Load Flow Analysis, 2017*).

Adapun hasil analisa aliran daya listrik pada beberapa skenario operasional CC ditunjukkan sebagai berikut.

1. Analisis Hasil Simulasi Skenario 1

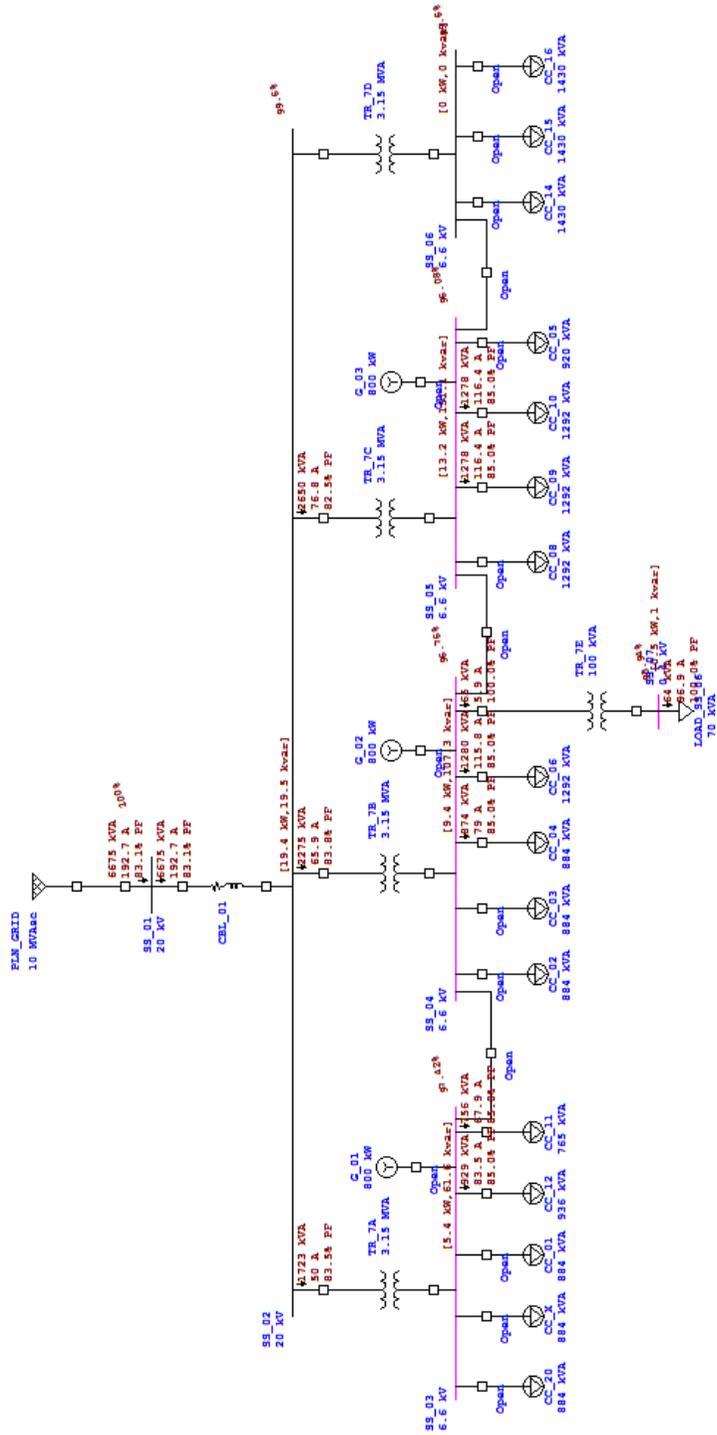


Gambar 4. 9. Load Flow Analysis Skenario 1

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada Skenario 1, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Hasil simulasi pada Skenario 1 yang ditunjukkan pada Gambar 4.9., terlihat pada transformator TR\_7A, TR\_7C serta TR\_7D mengalami kondisi *overload voltage*, sedangkan pada busbar SS\_03, SS\_04, SS\_05, SS\_06 serta SS\_07 mengalami kondisi *under voltage*. Kedua kondisi tersebut ditandai dengan simbol berwarna merah pada komponen, atau yang disebut dengan kondisi *critical*. Kondisi *overload voltage* menurut IEEE 1159-2009 merupakan kondisi dimana terjadi peningkatan *rms ac voltage* lebih dari 1.1 pu untuk durasi lebih dari 1 menit, umumnya nilai ini berada pada rentang 1.1 pu hingga 1.2 pu. Kondisi *under voltage* menurut IEEE 1159-2009 merupakan kondisi dimana terjadi penurunan pada *rms voltage* kurang dari 0.9 pu untuk durasi yang lebih dari 1 menit, umumnya nilai ini berada pada rentang 0.8 pu hingga 0.9 pu. Adapun besar presentase *operating* dari komponen-komponen yang mengalami *overload* yaitu TR\_7A sebesar 134.8%, TR\_7C sebesar 106.4% dan TR\_7D sebesar 132.2%. Sedangkan besar presentase *operating* pada komponen-komponen yang mengalami *under voltage* yaitu SS\_03 sebesar 92.9%, SS\_04 sebesar 93.5%, SS\_05 sebesar 91.9%, SS\_06 sebesar 93% serta SS\_07 sebesar 92.7%.
- Untuk mengatasi kondisi peralatan yang mengalami *critical*, maka solusi yang dapat dilakukan yaitu melakukan *shift* atau penjadwalan pada CC yang beroperasi dalam satu hari, sehingga seluruh CC tidak beroperasi secara bersamaan pada waktu yang sama yang dapat mengakibatkan beberapa peralatan mengalami kondisi *critical*.

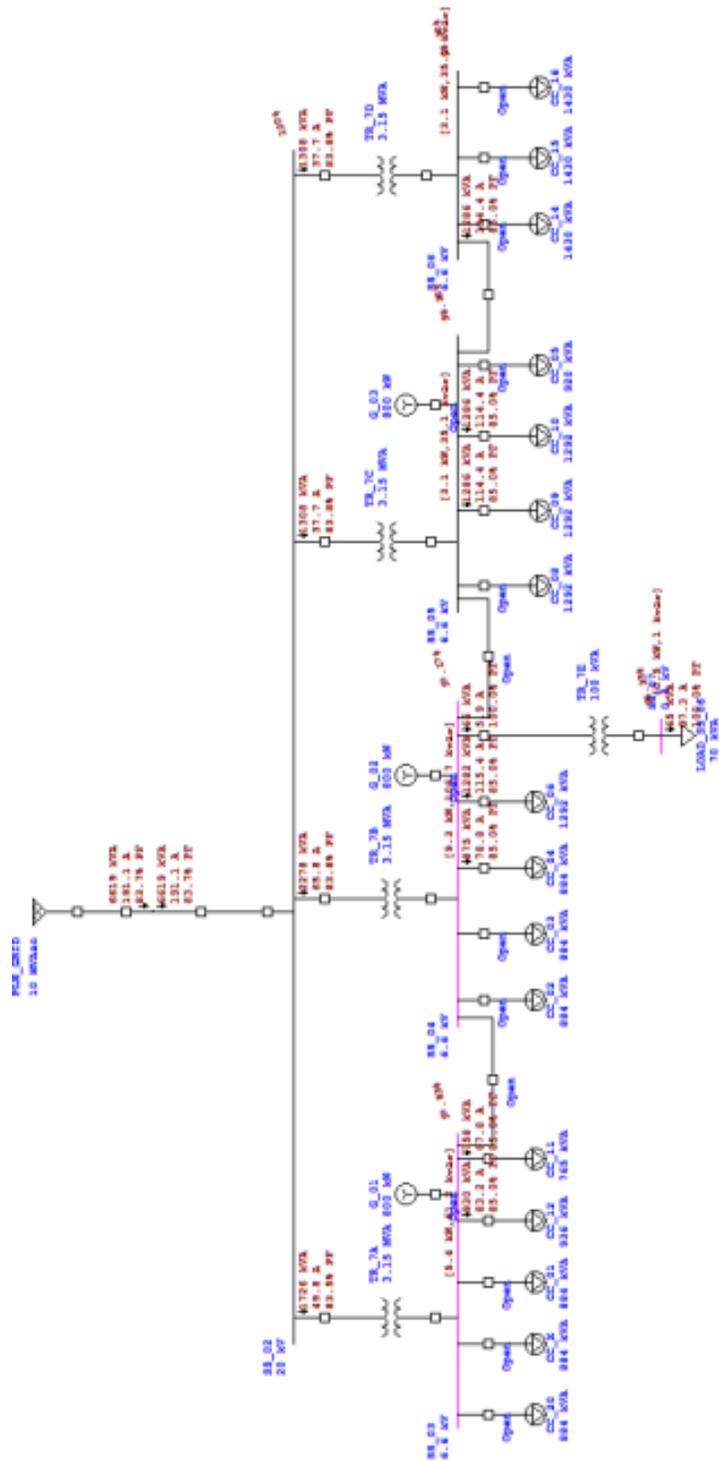
2. Analisis Hasil Simulasi Skenario 2



Gambar 4. 10. Load Flow Analysis Skenario 2

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada Skenario 2, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Hasil simulasi pada Skenario 2 yang ditunjukkan pada Gambar 4.10., terlihat pada busbar SS\_03, SS\_04, SS\_05 dan SS\_07 mengalami kondisi *marginal*. Adapun besar presentase *operating* dari komponen-komponen yang mengalami kondisi *marginal* yaitu SS\_03 sebesar 97.4%, SS\_04 sebesar 96.8%, SS\_05 sebesar 96.1% dan SS\_07 sebesar 95.9%.
- Untuk mengatasi kondisi peralatan yang mengalami kondisi *marginal*, maka solusi yang dapat dilakukan yaitu melakukan *jumper* atau menghubungkan busbar yang mengalami kondisi *marginal* dengan busbar yang tidak mengalami kondisi *marginal*. Hal ini dapat dilakukan pada busbar SS\_05 dengan SS\_06, sehingga busbar SS\_05 tidak mengalami kondisi *marginal*. Adapun pada busbar SS\_03, SS\_04 serta SS\_07 tidak dapat dilakukan *jumper*, namun komponen tersebut masih berada dalam batas *marginal* sehingga masih dapat dioperasikan dengan baik pada saat operasional CC. Hasil analisa aliran daya ini ditunjukkan pada Gambar 4.11.

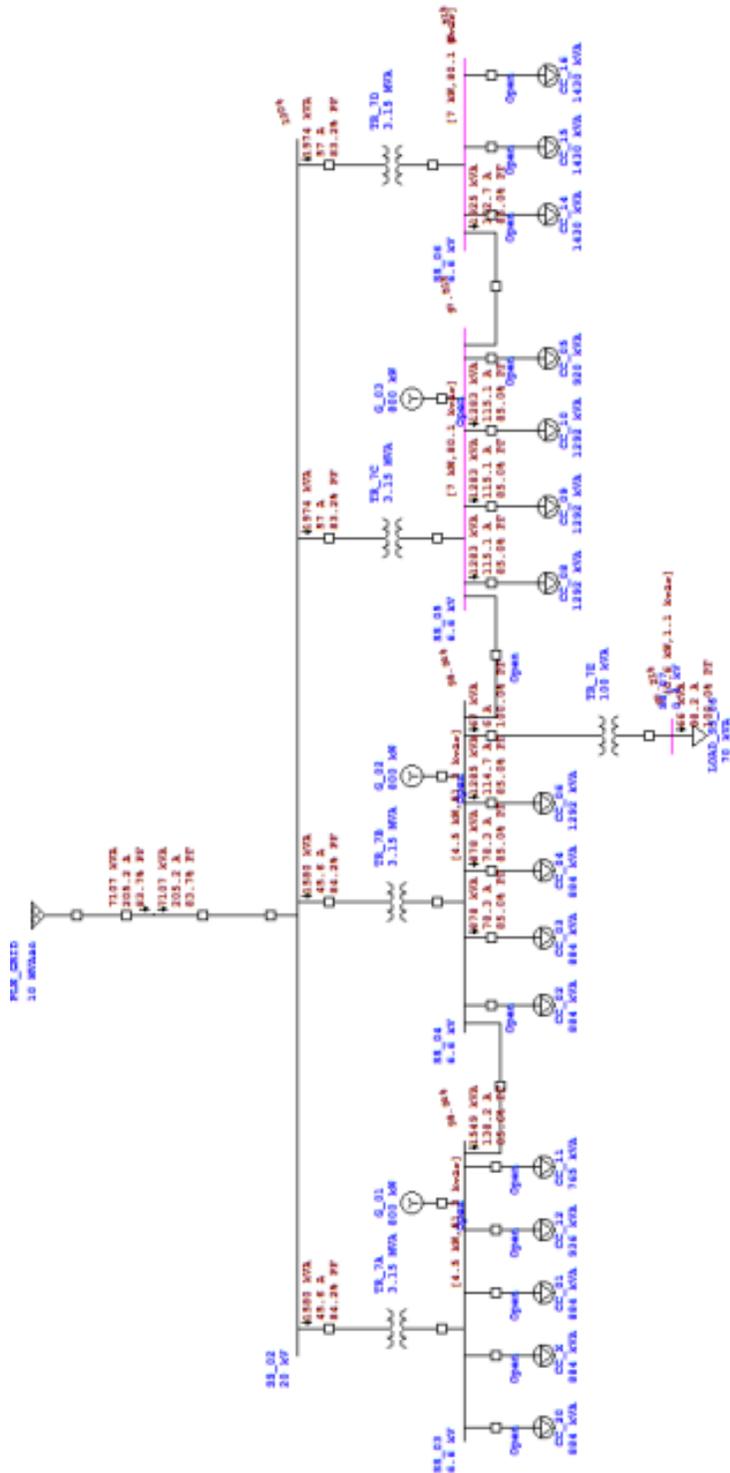


Gambar 4. 11. Load Flow Analysis (Hasil Perbaikan pada Skenario 2)



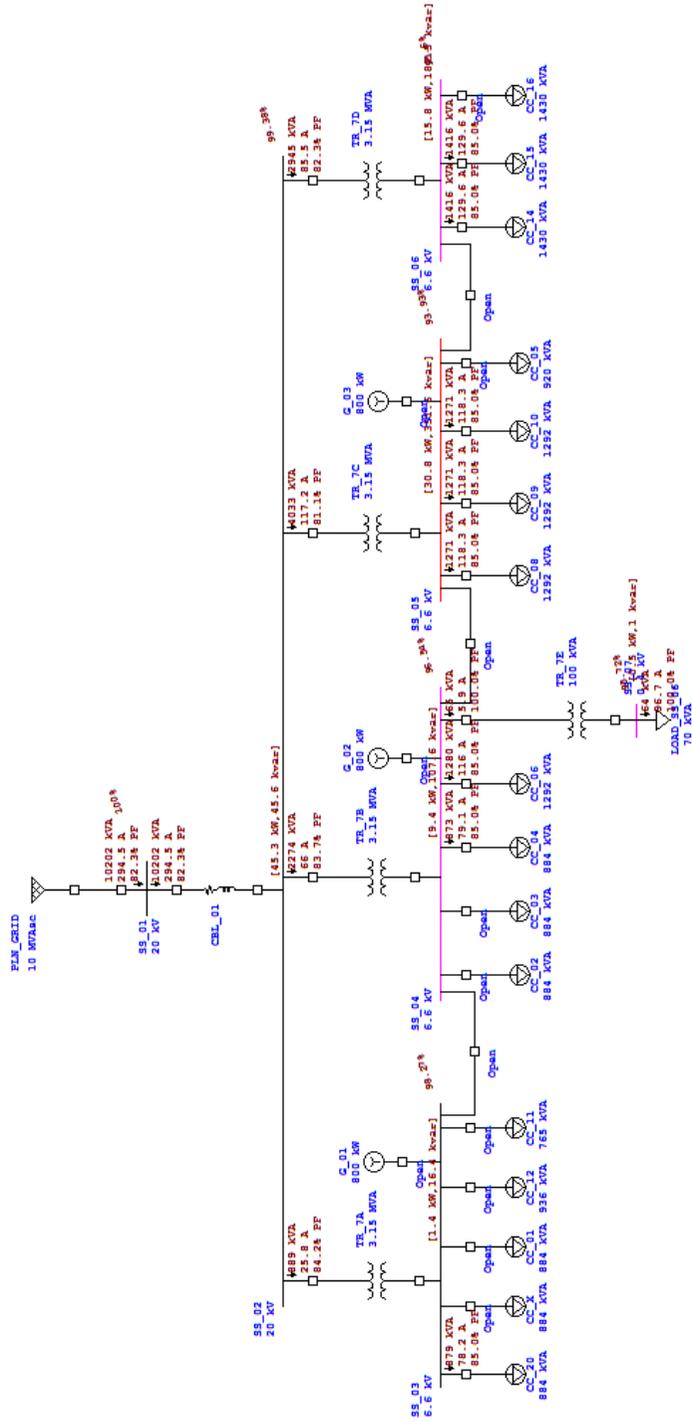
Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada Skenario 3, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Hasil simulasi pada Skenario 3 yang ditunjukkan pada Gambar 4.12., terlihat pada busbar SS\_05 dan SS\_07 mengalami kondisi *critical*, serta pada busbar SS\_04 mengalami kondisi *marginal*. Pada busbar SS\_05 dan SS\_07 mengalami kondisi *under voltage* dengan presentase *operating* sebesar 94.1% pada SS\_05 dan 94.7% pada SS\_07. Sedangkan besar presentase pada SS\_04 yang mengalami kondisi *marginal* yaitu sebesar 95.5%.
- Untuk mengatasi kondisi peralatan yang mengalami kondisi *critical* serta *marginal*, maka solusi yang dapat dilakukan yaitu melakukan *jumper* atau menghubungkan busbar yang mengalami kondisi *critical* dan *marginal* dengan busbar yang tidak mengalami kedua kondisi tersebut. Hal ini dapat dilakukan pada busbar SS\_05 dengan SS\_06 serta busbar SS\_04 dengan SS\_03. Pada busbar SS\_05 yang sebelumnya mengalami kondisi *critical* akan menjadi berada pada batas *marginal* bersamaan dengan SS\_06, sedangkan SS\_04 akan berada pada batas kondisi operasional yang normal. Busbar SS\_05 serta SS\_06 yang masih berada dalam batas *marginal* tetap dapat dioperasikan dengan baik pada saat operasional CC. Hasil analisa aliran daya ini ditunjukkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13. Load Flow Analysis (Hasil Perbaikan pada Skenario 3)

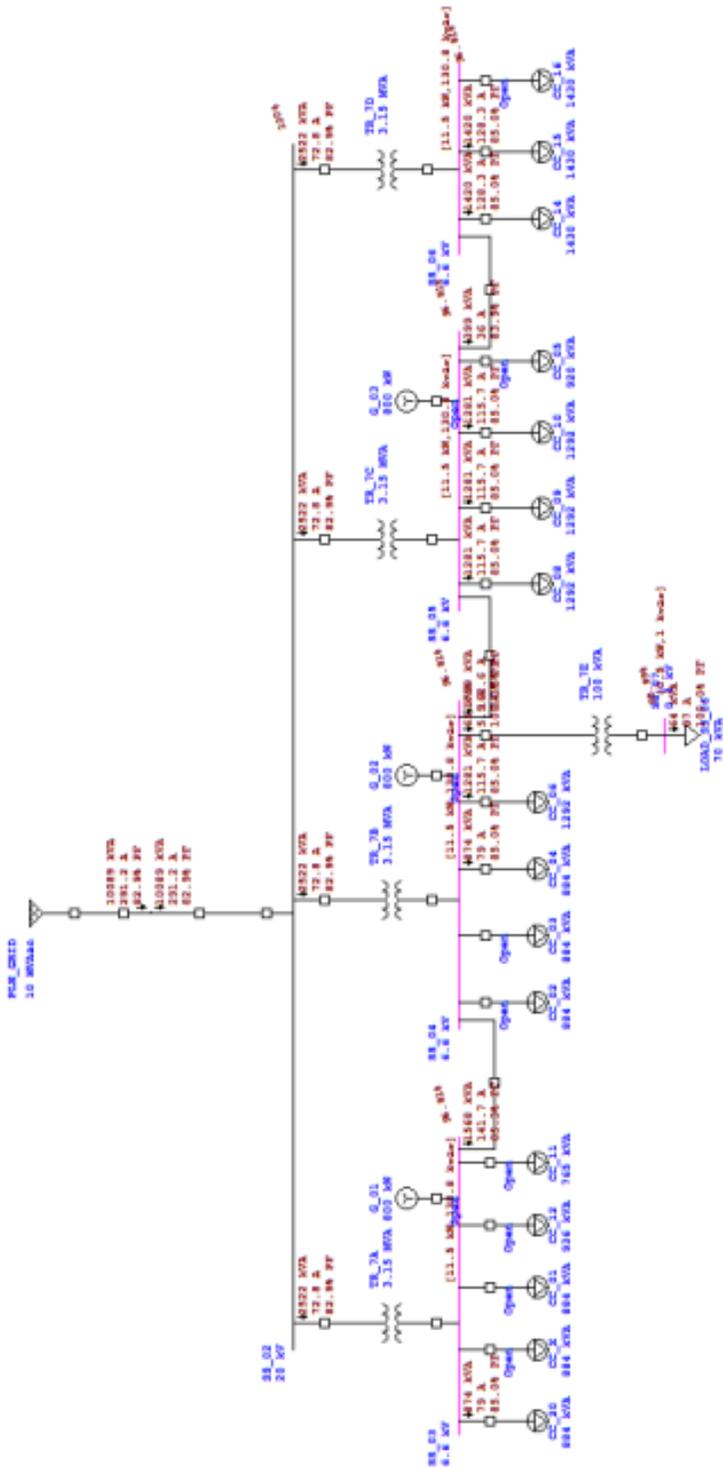
4. Analisis Hasil Simulasi Skenario 4



Gambar 4. 14. Load Flow Analysis Skenario 4

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada Skenario 4, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Hasil simulasi pada Skenario 4 yang ditunjukkan pada Gambar 4.14, terlihat pada busbar SS\_05 mengalami kondisi *critical*, serta pada busbar SS\_04, SS\_06 dan SS\_07 mengalami kondisi *marginal*. Adapun besar presentase operating pada komponen yang mengalami kondisi *critical* yaitu SS\_05 mengalami kondisi *under voltage* dengan presentase *operating* sebesar 94.8%, sedangkan besar presentase pada komponen yang mengalami kondisi *marginal* yaitu SS\_04 sebesar 97.2%, SS\_06 sebesar 96.2% dan SS\_07 sebesar 96.3%.
- Untuk mengatasi kondisi peralatan yang mengalami kondisi *critical* serta *marginal*, maka solusi yang dapat dilakukan yaitu melakukan *jumper* atau menghubungkan busbar yang mengalami kondisi *critical* dan *marginal* dengan busbar lainnya, sehingga diharapkan terjadi pembagian tegangan antar busbar yang beroperasi. Adapun *jumper* yang dilakukan yaitu menghubungkan seluruh busbar SS\_03, SS\_04, SS\_05 dan SS\_06. Hal ini akan mengakibatkan busbar SS\_05 yang sebelumnya mengalami kondisi *critical* akan berada pada batas *marginal*. Adapun busbar SS\_03 hingga SS\_07 yang berada pada batas *marginal* tetap dapat dioperasikan dengan baik pada saat operasional CC. Hasil analisa aliran daya ini ditunjukkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15. Load Flow Analysis (Hasil Perbaikan pada Skenario 4)



Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada Skenario 5, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

- Hasil simulasi pada Skenario 5 yang ditunjukkan pada Gambar 4.16., terlihat pada busbar SS\_05 mengalami kondisi *critical*, serta pada busbar SS\_03, SS\_04, SS\_06 dan SS\_07 mengalami kondisi *marginal*. Adapun besar presentase *operating* pada komponen yang mengalami kondisi *critical* yaitu SS\_05 mengalami kondisi *under voltage* dengan presentase *operating* sebesar 94.8%, sedangkan besar presentase *operating* pada komponen yang mengalami kondisi *marginal* yaitu SS\_03 sebesar 97.8%, SS\_04 sebesar 96%, SS\_06 sebesar 96.2% serta SS\_07 sebesar 95.1%.
- Untuk mengatasi kondisi peralatan yang mengalami kondisi *critical* serta *marginal*, maka solusi yang dapat dilakukan yaitu melakukan *jumper* atau menghubungkan busbar yang mengalami kondisi *critical* dan *marginal* dengan busbar lainnya. Adapun *jumper* yang dilakukan yaitu menghubungkan busbar SS\_04 dengan SS\_05. Hal ini akan mengakibatkan busbar SS\_05 yang sebelumnya mengalami kondisi *critical* akan berada pada batas *marginal*. Adapun busbar SS\_03, SS\_04 dan SS\_06 yang berada pada batas *marginal* tetap dapat dioperasikan dengan baik pada saat operasional CC.
- Pada busbar SS\_07 yang tetap mengalami kondisi *critical* dapat diatasi dengan melakukan pengaturan agar pada saat CC8, CC9 & CC10; CC3, CC4 & CC6; CC11 & CC12; dan CC15 & CC16 beroperasi, beban LOAD\_SS\_06 tidak beroperasi, sehingga tidak ada daya listrik yang mengalir menuju LOAD\_SS\_06. Adapun LOAD\_SS\_06 merupakan besar beban daya listrik yang digunakan untuk operasional kantor serta lampu-lampu penerang tidak Hasil analisa aliran daya ini ditunjukkan pada Gambar 4.17.



#### 4.4. Optimalisasi Proses Bongkar Muat

Dalam melakukan analisa optimalisasi proses bongkar muat, dibutuhkan beberapa data yang dapat digunakan untuk menentukan pelayanan bongkar muat peti kemas yang optimal. Data-data yang diperlukan tersebut yaitu data primer serta data sekunder. Adapun data primer yang diperlukan antara lain waktu pelayanan, kondisi alat bongkar muat, lapangan penumpukan petikemas dan fasilitas pelayanan petikemas lainnya, serta jumlah kapal petikemas yang keluar masuk terminal petikemas. Sedangkan data sekunder yang diperlukan antara lain letak dan denah lapangan penumpukan, data pertumbuhan ekonomi dan industri daerah *hinterland* terminal petikemas, tenaga operator dan pendukung lainnya (Supriyono : 2009).

Program elektrifikasi yang saat ini tengah dilakukan oleh PT. Terminal Petikemas Surabaya memberikan berbagai peningkatan, terutama terhadap aktivitas bongkar muat petikemas. Peningkatan aktivitas bongkar muat tersebut tentunya akan memberikan pelayanan bongkar muat petikemas yang lebih optimal. Kondisi optimal untuk pelayanan bongkar muat dapat ditinjau dari segi biaya operasional petikemas minimal serta rata-rata waktu pelayanan petikemas yang dilayani oleh CC.

##### 4.4.1. Pengukuran Optimalisasi Pelayanan Peti Kemas

Dalam mengukur optimalisasi operasional terminal peti kemas, terdapat beberapa indikator yang berkaitan dengan pelayanan kapal di dermaga. Adapun salah satu dari indikator tersebut yaitu waktu pelayanan yang ditunjukkan pada Gambar 4.22. Waktu pelayanan ini terdiri dari :

a. *Berthing time*

*Berthing time* (BT) merupakan total waktu yang digunakan oleh kapal selama berada di tambatan. *Berthing time* terdiri dari *berth working time* dan *not operation time*.

b. *Berth Working Time*

*Berth working time* merupakan waktu yang direncanakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat, yang terdiri dari *effective time* dan *idle time*.

c. *Not Operation Time*

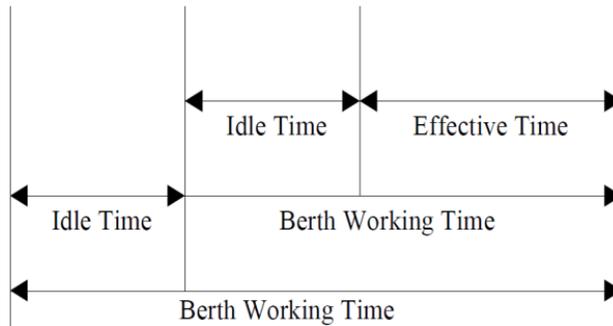
*Not operation time* merupakan waktu yang direncanakan untuk tidak bekerja (tidak melaksanakan kegiatan bongkar muat), seperti waktu istirahat.

d. *Effective Time*

*Effective time* merupakan waktu yang digunakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat secara efektif.

e. *Idle Time*

*Idle time* merupakan waktu yang tidak digunakan untuk melakukan kegiatan bongkar muat, seperti waktu untuk *maintenance* atau jeda waktu operasional peralatan bongkar muat.



Gambar 4. 18. Waktu Pelayanan di Dermaga

Berdasarkan hasil *interview* serta diskusi dengan teknisi serta operator *container crane* di PT. Terminal Petikemas Surabaya, didapatkan analisa optimalisasi bongkar muat dari program elektrifikasi di PT. Terminal Petikemas Surabaya berdasarkan waktu pelayanan adalah sebagai berikut :

1. Elektrifikasi memberikan waktu pelayanan bongkar muat peti kemas yang lebih cepat. Dimana saat ini, bongkar muat petikemas dapat dilayani hingga 1-1,5 hari, dibandingkan dengan sebelumnya, yaitu 2-3 hari untuk kapal *container* dengan LOA  $\geq 180$  m dan jumlah *container* 1500 hingga 1800 box.
2. Elektrifikasi mengurangi *idle time* pada motor-motor listrik serta generator. Dengan adanya program elektrifikasi, kehandalan *crane* serta motor-motor penggerak listrik menjadi lebih tinggi, sehingga dapat mengurangi waktu yang diperlukan untuk *maintenance* peralatan. Selain itu, program elektrifikasi juga mengurangi waktu *idle time* dari operasional generator, dimana generator tidak dapat beroperasi secara terus menerus untuk menyuplai daya listrik (membutuhkan waktu untuk dimatikan sebelum dihidupkan kembali). Hal tersebut akan memperpendek waktu *berthing time*, sehingga waktu pelayanan akan lebih cepat.
3. Waktu pelayanan bongkar muat yang lebih cepat akan memberikan keuntungan dari segi ekonomis, baik kepada pihak dermaga maupun kapal. Bagi pemilik kapal, waktu pelayanan yang lebih cepat akan memperkecil biaya tunggu yang harus dikeluarkan untuk waktu pelayanan, sedangkan bagi perusahaan, waktu pelayanan yang lebih cepat akan mempercepat arus bongkar muat peti kemas, sehingga jumlah kapal yang dapat dilayani dapat lebih banyak.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, mencakup proses perhitungan serta simulasi, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar total beban daya listrik dari operasional seluruh *container crane* yaitu 16950 KW, dimana total beban daya listrik KONE *Crane* sebesar 10333.5 KW, HITACHI *Crane* sebesar 781.5 KW, IMPSA *Crane* sebesar 4390 KW dan IHI *Crane* sebesar 1445 KW.
2. Pada simulasi analisa aliran daya listrik pada beberapa skenario bongkar muat dengan menggunakan *software* simulasi, dapat disimpulkan sebagai berikut :
  - Pengoperasian seluruh CC secara bersamaan akan mengakibatkan komponen listrik seperti busbar dan transformator mengalami kondisi *critical*. Oleh karena itu, pengoperasian CC secara keseluruhan sebaiknya dihindari.
  - Berdasarkan hasil dari beberapa simulasi skenario pengoperasian CC, dapat disimpulkan bahwa Skenario 2 adalah skenario operasional CC yang paling direkomendasikan dibandingkan dengan skenario operasional lainnya.
3. Penerapan program elektrifikasi mempengaruhi waktu pelayanan petikemas di dermaga, dimana waktu pelayanan petikemas di dermaga menjadi lebih cepat, sehingga memberikan keuntungan dari segi teknis dan ekonomis baik untuk perusahaan maupun bagi kapal.

### 5.2. Saran

Dengan melakukan berbagai perhitungan serta analisa dari penelitian ini, maka penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukannya pemeriksaan dan pengecekan kembali terhadap peralatan-peralatan kelistrikan saat tengah dilakukan program elektrifikasi agar *container crane* dapat beroperasi dengan baik.
2. Perlu dilakukan analisa lebih jauh terkait dengan operasional seluruh CC saat beroperasi secara bersamaan pada penelitian selanjutnya.
3. Perlu adanya perencanaan bongkar muat petikemas yang terencana dengan baik, terutama saat mengoperasikan *container crane* agar tidak terjadi kondisi *critical* pada beberapa komponen listrik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- Arwinas, D. (1999). *Petunjuk Penanganan Kapal dan Barang di Pelabuhan, PT (Persero) Pelabuhan Indonesia II*. Jakarta.
- Hutagalung, B. R. (2004). *Dampak Aktivitas Pelabuhan dan Sebaran Pencemaran Lingkungan Pelabuhan Tanjung Emas Semarang dan Kawasan Sekitarnya*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Iqbal, M. (2011). *Analisa Kapasitas Daya Listrik Container Crane untuk Optimalisasi Proses Bongkar Muat*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Multa, Lesnanto. Restu Prima Aridani. (2013). *Modul Pelatihan ETAP*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Salman, Rudi. Mustamam. Arwadi Sinuraya. (n.d.). *Simulasi dan Analisis Aliran Daya pada Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Perangkat Lunak Electrical Transient Analyser Program (ETAP) Versi 4.0*. Medan: Universitas Negeri Medan.
- Saragi, S. H. (2012). *Sistem Operasi Container Crane (CC) di Terminal Petikemas Semarang*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sasono, H. B. (2012). *Manajemen Pelabuhan dan Realisasi Ekspor Impor*. Yogyakarta: Andi Offset.
- (2017). *Simulasi Load Flow Analysis ETAP 12*. Surabaya: Power System Simulation Laboratory.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LAMPIRAN 1**  
**SPESIFIKASI BUSBAR**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

Ukuran	Penampang	Berat	ARUS BOLAK BALIK								ARUS SEARAH											
			Dicat Jumlah Batang				Telanjang Jumlah Batang				Dicat Jumlah Batang				Telanjang Jumlah Batang							
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
12 x 2	24	0	125	225					110	200					100	230			120	210		
15 x 2	30	0,07	155	270					140	242					160	200			145	255		
15 x 3	45	0,1	165	330					170	300					195	335			175	305		
20 x 2	40	0,26	205	350					185	315					210	370			190	330		
20 x 3	60	0,33	245	425					220	380					250	435			225	395		
20 x 5	100	0,9	325	550					292	495					330	570			300	515		
25 x 3	75	0,67	300	510					270	460					300	530			275	165		
25 x 5	125	1,12	385	670					350	600					400	680			360	620		
30 x 3	90	0,82	352	600					315	945					360	630			325	570		
30 x 5	150	1,14	435	780					400	700					475	800			425	725		
40 x 3	120	1,07	460	780					422	910					470	820			425	740		
40 x 5	200	1,15	600	1000					502	900					600	1030			560	955		
40 x 10	400	3,06	835	1593	2040	2800	750	1350	1650	2500	870	1350	2182		800	1375	1955					
50 x 5	250	2,23	700	1200	1750	2312	630	1100	1550	2120	740	1270	1670		660	1150	1720					
50 x 10	500	4,41	1025	1800	2450	3230	920	1600	2200	3000	1070	1900	2700		1000	1700	2400					
60 x 5	300	2,67	825	1400	1985	2650	725	1000	1800	2400	800	1530	2200	2700	780	1430	1900	2500				
60 x 10	600	5,14	1200	2100	2300	3800	1400	1850	2300	3400	1250	2200	3100	3900	1100	2000	2800	3500				
80 x 5	400	3,25	1060	1800	2450	3320	952	1650	2700	2900	1150	2000	2800	3300	1000	1800	2500	3200				
80 x 10	800	7,22	1540	2600	2490	4600	1400	2200	3100	4200	1650	2800	4000	5100	1410	2600	3601	4300				
100 x 5	500	4,05	1300	2850	2930	3800	1200	2000	2800	3400	1400	2500	3400	4310	1252	2230	3001	3300				
100 x 10	1000	8,12	1830	3100	4230	5400	1700	2700	3600	4100	2000	3600	4900	6200	1700	3200	4400	5320				

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LAMPIRAN 2**  
**SPESIFIKASI KABEL**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# N2XSEBY 3 x (25-300) mm<sup>2</sup> 6/10 kV

Cu / XLPE / CTS / PVC / STA / PVC

(Copper Conductor, XLPE Insulated, Copper Tape Screen, Galvanized Steel Tape Armor, PVC Sheathed)  
Standard Specification : IEC 60502-2

## Construction Data

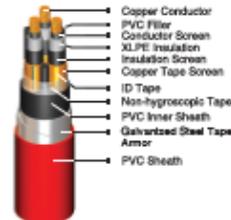
Nom. Cross Section Area	Overall Diameter approx.	Cable Weight approx.
mm <sup>2</sup>	mm	kg/km
25	43.0	2,767
35	46.0	3,279
50	48.5	3,799
70	52.5	4,687
95	56.5	5,753
120	60.0	6,690
150	63.5	7,761
185	67.5	9,091
240	73.0	11,235
300	78.0	13,326

### Application :

For installation indoor, in ground direct buried, for power station and switchgear, if there is a risk that low mechanical damage may occur.

### Special Features on Request

- Fire Resistance
- Oil Resistance
- UV Resistance
- Flame Retardant Cat. A, B, C
- Flame Retardant Non Category
- Anti Termite
- Anti Rodent
- Low Smoke Zero Halogen



### Note :

#### Conductor Shape

25 - 300 sqmm supplied in compacted circular stranded (cm) conductor shape

#### Standard Packing

25 - 30 sqmm supplied in wooden drum @ 1000 m

70 - 300 sqmm will be supplied in wooden drum on available length

Length Tolerance per drum  $\pm 2\%$

## Electrical Data

Nom. Cross Sect.	Conductor		Inductance	Current - Carrying Capacity at 30° C *		Short circuit current at 1 sec	
	DC Resistance at 20°C	AC Resistance at 90°C		In ground		Conductor	Screen
				In air	In ground		
(mm <sup>2</sup> )	Max. (Ω/km)	Max. (Ω/km)	Max. (A)	Max. (A)	Max. (kA)	Max. (kA)	
25	0.727	0.927	0.368	154	146	3.58	1.03
35	0.524	0.668	0.349	186	175	5.01	1.03
50	0.387	0.494	0.335	222	205	7.15	1.03
70	0.288	0.342	0.316	276	251	10.01	1.03
95	0.193	0.247	0.303	333	299	13.59	1.03
120	0.153	0.196	0.293	382	339	17.16	1.03
150	0.124	0.160	0.284	433	380	21.45	1.03
185	0.0991	0.128	0.277	493	427	26.46	1.37
240	0.0754	0.099	0.267	576	491	34.32	1.37
300	0.0601	0.080	0.261	654	550	42.90	1.37

\* Further information about rating factor for certain cable arrangement can be found on supplementary technical information

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Fathia Fauziah Asshanti, lahir di Bogor, 28 April 1995. Penulis menempuh Pendidikan taman kanan-kanan di TK Indria pada tahun 1999-2001, pendidikan dasar di SDN Panaragan 1 Bogor pada tahun 2001-2007, pendidikan menengah pertama di SMPN 1 Bogor pada tahun 2007-2010, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Bogor pada tahun 2010-2013, penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS pada tahun 2013. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan sebagai staff kewirausahaan pada tahun kedua. Selain itu, penulis aktif menjadi bagian dalam beberapa event jurusan. Di akhir tahun ketiga perkuliahan, penulis mulai bergabung di Laboratorium *Marine Electrical and Automation System*. Penulis berhasil menyelesaikan studi strata 1 dalam waktu 8 semester di bidang *Marine Electrical and Automation System* (MEAS).

Fathia Fauziah Asshanti

fathiafauziaha@gmail.com