



TUGAS AKHIR - ME184834

ANALISA DROP VOLTAGE DAN SHORT CIRCUIT PADA KAPAL TRIMARAN

Anggita Primaysandy Pamela Putri
NRP. 0421154000039

Dosen Pembimbing
Indra Ranu Kusuma, S.T, M.Sc.
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME184834

ANALYSIS OF DROP VOLTAGE AND SHORT CIRCUIT IN TRIMARAN SHIP

Anggita Primaysandy Pamela Putri
NRP. 0421154000039

Advisor :
Indra Ranu Kusuma, S.T, M.Sc.
Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA *DROP VOLTAGE* DAN *SHORT CIRCUIT* PADA KAPAL
TRIMARAN**

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 :

Anggita Primaysandy Pamela Putri
NRP. 0421154000039

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Indra Ranu Kusuma S.T. M.Sc.
NIP. 1979 0327 2003 12 1001

(.....)

Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.
NIP. 1960 0319 1987 01 1001

(.....)

SURABAYA
Juli 2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA *DROP VOLTAGE* DAN *SHORT CIRCUIT* PADA KAPAL
TRIMARAN**

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 :

Anggita Primaysandy Pamela Putri
NRP. 0421154000039

Disetujui oleh :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



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

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ANALISA *DROP VOLTAGE* DAN *SHORT CIRCUIT* PADA KAPAL TRIMARAN

Nama Mahasiswa : Anggita Primaysandy Pamela Putri
NRP : 0421154000039
Dosen Pembimbing I : Indra Ranu Kusuma S.T. M.Sc.
Dosen Pembimbing II : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

ABSTRAK

Kapal trimaran merupakan kapal yang memiliki tiga lambung yang saling terhubung. Kapal trimaran juga memiliki bermacam-macam kondisi operasional yaitu bongkar muat (*cargo handling*), lego jangkar (*anchoring*), bermaneuver (*maneuvering*), dan berlayar (*sailing*) dengan kebutuhan listrik yang beragam. Pada penelitian kali ini akan menganalisa kondisi *maneuvering* dikarenakan kondisi tersebut membutuhkan daya yang besar. Berbagai macam kondisi operasional kapal dapat menyebabkan gangguan sistem kelistrikan. Oleh karena itu kualitas tegangan listrik dan pencegahan terjadinya short circuit menjadi salah satu faktor penting pada sebuah sistem kelistrikan kapal. Buruknya kualitas tegangan yang dihasilkan dapat mengakibatkan penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan dapat mengurangi *lifetime* dari peralatan listrik tersebut. Tegangan jatuh yang terjadi pada beban listrik di kapal sering dihiraukan oleh ABK dan jarang mendapat perhatian khusus. Untuk mengatasi short circuit diperlukan analisa arus *short circuit* pada sistem kelistrikan kapal trimaran ini. Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa perbedaan pembebanan generator untuk mengetahui *drop voltage* dan *short circuit* yang terjadi di kapal trimaran. Hasil perhitungan dengan *load flow analysis* didapatkan tegangan jatuh pada setiap variasi beban mengalami *drop voltage* (tegangan jatuh) melewati standar IEC (+/-5%) dengan rata-rata diatas 6%. Upaya perbaikan dilakukan dengan metode penambahan kapasitor diterapkan pada beban, masing-masing sebesar 50 μ F. Dari hasil analisa *short circuit* didapatkan bahwa pada masing-masing beban mengalami *short circuit* dengan nilai rata-rata 919 ampere.

Kata Kunci : Drop Voltage, Generator, Short Circuit, Trimaran Ship.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ANALYSIS OF DROP VOLTAGE AND SHORT CIRCUIT ON TRIMARAN SHIP

Student Name : Anggita Primaysandy Pamela Putri
NRP : 0421154000039
Supervisor I : Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.
Supervisor II : Ir. Sardono Sarwito, M.Sc.

ABSTRACT

Trimaran ship is a ship that has three interconnected hulls. The Trimaran ship also has various operational conditions, named loading and unloading (cargo handling), anchoring, maneuvering, and sailing with diverse electricity needs. In this research, we will analysis the condition of maneuvering because these conditions require a large amount of power. Various types of ship operating conditions can cause electrical system disruptions. Therefore the quality of the electricity voltage and the prevention of the short circuits become one of the important factors in a ship's electrical system. The poor quality of the voltage produced can result in a decrease in the reliability of the power system and can reduce the lifetime of the electrical equipment. Drop voltage that occurs in electrical loads on ships is often ignored by ABK and rarely gets special attention. To overcome the short circuit, a short circuit current analysis is needed on the Trimaran ship's electrical system. In this study there will be several differences in generator loading to determine the drop voltage and short circuit that occur on trimaran ship. The results of calculation with load flow analysis show that the drop voltage for each load variation has a drop voltage passing the IEC standard (+/- 5%) with an average of above 6%. Effort for fixxed it by installing capacitors to the load, with 50 μ F for each. From the results of the short circuit analysis, it was found that each load short circuit occured with an average value of 919 ampere

Keywords—Drop Voltage, Generator, Short Circuit, Trimaran Ship.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah – Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisa Beban Tak Seimbang Pada Sistem Kelistrikan Kapal *Dynamic Positioning* Berbasis Matlab” dengan baik dalam rangka memenuhi syarat pada Mata Kuliah Tugas Akhir (ME4834) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS.

Selama proses penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan moral dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc. dan Ir. Sardono Sarwito, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan banyak masukan serta motivasi selama proses penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T. dan Bapak Semin, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala dan Sekretaris Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
3. Bapak Ir. Hari Prastowo, M.Sc, selaku dosen wali yang memberikan memotivasi dan masukan kepada penulis selama melaksanakan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
4. Kedua orang tua saya Bapak Slamet Wahyudi dan Ibu Nanik Windrawati, beserta adik saya Silvia Hana Chika Fanesha yang senantiasa memberikan doa, restu, cinta dan kasih sayang serta dukungan moral dan meterial kepada penulis.
5. Seluruh teknisi, member dan grader Laboraturium Marine Electrical and Automation System (MEAS) yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
6. Mbak Ismah, Ichwan, Aji, Rusdi, Alfius, Abby, Tangguh, Mas Ranndy, Catur, Bianca, Dewi, sebagai teman-teman seperjuangan dalam penyusunan tugas akhir.
7. Salva Swastika Putri yang selalu memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis.
8. Seluruh teman-teman SALVAGE yang telah 4 tahun ini berbagi suka cita bersama. Semoga sukses mengejar impiannya masing-masing.
9. Kepada semua pihak yang berkontribusi terhadap selesainya Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap kritik dan saran yang bersifat membangun demi penelitian terkait di waktu mendatang. Semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca.

Surabaya, 31 Juli 2019

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
BAB II. DASAR TEORI.....	3
2.1. Motor Listrik.....	3
2.2. Jenis-jenis Motor Listrik.....	3
2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa.....	4
2.4. Generator.....	4
2.5. Kestabilan Tegangan.....	5
2.6. Tegangan Listrik.....	5
2.7. Tegangan Jatuh (<i>Drop Voltage</i>).....	6
2.7.1. Penyebab Tegangan Jatuh.....	7
2.7.2. Standard Tegangan Jatuh.....	8
2.7.3. Perbaikan Tegangan Jatuh.....	9
2.8. Gangguan Hubung Singkat (Short Circuit).....	10
2.8.1. Perhitungan Standar Arus Hubung Singkat.....	13
2.8.2. Perhitungan Arus Hubung Singkat Berdasarkan Metode Impendansi.....	15
2.8.3. Perhitungan berdasarkan IEC 60909.....	17

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1. Metode Penelitian	19
3.2. Perumusan Masalah	19
3.3. Studi Literatur	20
3.4. Pengumpulan Data.....	20
3.5. Perhitungan <i>Drop Voltage</i> Dan Short Circuit Pada Sistem Kelistrikan Kapal Trimaran.....	20
3.6. Analisa Perhitungan	20
3.7. Kesimpulan.....	20
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1. Data Utama Kapal.....	21
4.2. Load Calculation.....	21
4.2.1. Spesifikasi Komponen	32
4.3. Perhitungan <i>Drop Voltage</i> (Tegangan Jatuh)	34
4.3.1. Rangkuman Prosentase Tegangan Jatuh.....	36
4.4. Analisa Hasil Nilai Tegangan Jatuh (<i>Drop Voltage</i>).....	37
4.5. Perbaikan <i>Drop Voltage</i> (Tegangan Jatuh).....	40
4.5.1. Rangkuman Prosentase Tegangan Jatuh Setelah Perbaikan	42
4.6. Perhitungan <i>Short Circuit</i> (Hubung Singkat)	45
4.6.1. Rangkuman Prosentase <i>Short Circuit</i> (Hubung Singkat)	46
4.7. Analisa Hasil Nilai <i>Short Circuit</i> (Hubung Singkat).....	48
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN.....	55
1. LOAD CALCULATION.....	55
2. LAMPIRAN PERHITUNGAN DROP VOLTAGE.....	61
3. LAMPIRAN PERHITUNGAN KAPASITOR	73

4. LAMPIRAN VALIDASI KAPASITOR	79
5. LAMPIRAN PERHITUNGAN SHORT CIRCUIT	85
BIODATA PENULIS.....	91

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram klasifikasi jenis-jenis motor listrik.....	3
Gambar 2. 2 Aliran air dalam bejana	6
Gambar 2. 3 Standar tegangan jatuh berdasarkan BKI.....	8
Gambar 2. 4 Perbaikan factor daya	9
Gambar 2. 5. Perbedaan tipe dari jenis gangguan arus hubung singkat	13
Gambar 2. 6 Jenis arus hubung singkat.....	16
Gambar 2. 7 Nilai dari faktor tegangan (c)	18
Gambar 3. 1 Diagram Alur Metodologi Penelitian.....	19
Gambar 4. 1 Kapal Feri trimaran	21
Gambar 4. 2 Grafik Nilai Drop Voltage Pada Motor FW Hydrophore Set.....	38
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Drop Voltage Pada Motor Provision Crane	38
Gambar 4. 4 Grafik Nilai Drop Voltage Pada Motor Electric Propulsion	39
Gambar 4. 5 Grafik Nilai Drop Voltage Pada 3 Motor.....	40
Gambar 4. 6 Grafik Perbaikan Nilai Drop Voltage	44
Gambar 4. 7 Nilai Perbandingan Drop Voltage pada Semua Variasi Sebelum dan Setelah Perbaikan	45
Gambar 4. 8 Grafik Nilai Short Circuit Pada Motor FW Hydrophore Set	48
Gambar 4. 9 Grafik Nilai Short Circuit Pada Motor Provision Crane.....	49
Gambar 4. 10 Grafik Nilai Short Circuit Pada Motor Electric Propulsion	49
Gambar 4. 11 Grafik Nilai Short Circuit Pada 3 Motor.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Standar <i>drop voltage</i> pada IEC	8
Tabel 4. 1 Tabel Load Factor	23
Tabel 4. 2 Tabel Load Calculation.....	26
Tabel 4. 3 Tabel Pemilihan Generator	32
Tabel 4. 4 Variasi pembebanan daya motor listrik	33
Tabel 4. 5 . Hasil nilai drop voltage pada setiap variasi konfigurasi	36
Tabel 4. 6 . Hasil Nilai Perbaikan Drop Voltage Pada Setiap Variasi.....	42
Tabel 4. 8 Faktor tegangan yang digunakan sebagai standar perhitungan IEC 60909.....	46
Tabel 4. 9 Hasil nilai short circuit pada setiap variasi konfigurasi.....	46

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kapal trimaran merupakan kapal yang memiliki tiga lambung yang saling terhubung. Kapal trimaran juga memiliki bermacam-macam kondisi operasional yaitu bongkar muat (*cargo handling*), lego jangkar (*anchoring*), bermaneuver (*maneuvering*), dan berlayar (*sailing*) dengan kebutuhan listrik yang beragam. Kualitas tegangan yang tidak baik akan menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik yang ada di kapal. Perkembangan sistem tenaga listrik baik pada generator maupun beban akan menghasilkan masalah-masalah baru yang menyangkut masalah kestabilan sistem. Dalam pemakaian dua generator atau lebih yang bekerja secara bersamaan, kerugian dapat muncul jika jumlah daya tidak stabil. Suatu sistem akan mencapai kestabilan saat daya mekanik pada penggerak utama generator seimbang dengan daya elektris yang disalurkan ke beban.

Dalam perencanaan design kapal trimaran ini akan dilakukan perhitungan pada kondisi manuevering dikarenakan dalam perencanaannya kondisi ini membutuhkan daya yang paling besar dan dikarenakan menggunakan *electric propulsion* maka diasumsikan kondisi manuevering adalah kondisi yang sangat memungkinkan terjadi *drop voltage* dan *short circuit*.

Pada sistem kelistrikan, dapat ditemukan beberapa gangguan. Salah satu gangguan tersebut adalah arus *drop voltage* dan *short circuit*. Tegangan jatuh atau *drop voltage* ialah suatu kondisi dimana jumlah tegangan yang disalurkan tidak sama dengan tegangan yang diterima persis penerimanya (beban listrik) (Wahyudianto et al., 2016). Kondisi tersebut dapat membuat kualitas tegangan menjadi buruk dan mengakibatkan meningkatnya arus listrik (Wahyudianto et al., 2016). Akibat jatuh tegangan yang melebihi standar atau toleransi akan mengakibatkan peralatan listrik atau beban listrik tidak bisa bekerja secara maksimal bahkan akan menimbulkan kerusakan (Asy'ari, 2011) untuk mengurangi terjadinya kerusakan atau pun kegagalan pada motor listrik akibat tegangan jatuh dalam tugas akhir ini akan dilakukan analisis tegangan jatuh pada sistem kelistrikan Kapal Trimaran pada beberapa konfigurasi suplai daya menggunakan matlab. Salah satu cara perhitungan tegangan jatuh yaitu dengan *load flow analysis* yang di simulasikan menggunakan *software*, dengan metode newton-raphson.

Menurut IEC 60909, gangguan hubungan singkat merupakan hubungan konduksi secara sengaja maupun tidak sengaja melalui hambatan atau impedansi yang cukup beda potensial. Pada perencanaan sebuah sistem tenaga listrik, arus gangguan hubungan singkat merupakan hal yang penting untuk direncanakan. Hubungan singkat terjadi ketika konduktor/penghantar yang memiliki tegangan terhubung dengan penghantar bertegangan lainnya atau terhubung dengan penghantar netral (ground) secara langsung. Dengan sistem konfigurasi daya bentuk *closed bus* yang diterapkan dalam sistem kelistrikan kapal, di mana beberapa generator dihubungkan untuk suplai daya ke seluruh beban melalui bus utama, pada saat sistem berjalan, hubungan singkat pada konduktor bisa terjadi. Dengan suplai daya beberapa generator melewati satu bus utama, hal ini bisa terjadi menyebabkan kelebihan arus.

Istilah gangguan hubungan singkat ini digunakan untuk menjelaskan bahwa penghantar terhubung secara singkat. Untuk mengatasi gangguan ini, diperlukan analisa gangguan hubungan singkat sehingga dapat ditentukan sistem proteksi yang tepat pada sistem tenaga listrik tersebut. Analisa gangguan hubung singkat yang membahas mengenai analisa yang mempelajari kontribusi arus gangguan hubung singkat yang mungkin mengalir pada setiap cabang didalam sistem sewaktu gangguan hubung singkat yang mungkin terjadi di dalam sistem tenaga listrik.

Berdasarkan hal-hal yang telah disampaikan di atas, maka dasaran tersebut digunakan untuk menyusun studi mengenai analisa *drop voltage* dan *short circuit* pada sistem kelistrikan kapal trimaran.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Apakah nilai *drop voltage* pada kapal trimaran telah sesuai standar?
- 2) Apakah nilai *short circuit* pada kapal trimaran telah sesuai dengan standar?
- 3) Bagaimana cara mengatasi *drop voltage* dan *short circuit*?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendapatkan nilai *drop voltage* yang sesuai standar pada sistem kelistrikan di kapal trimaran.
- 2) Mendapatkan nilai *short circuit* yang sesuai standar menggunakan matlab pada sistem kelistrikan di kapal trimaran.
- 3) Langkah – langkah untuk memperbaiki *drop voltage* dan *short circuit* yang terjadi

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu:

- 1) Analisa *drop voltage* dan *short circuit* hanya pada sistem kelistrikan kapal trimaran.
- 2) Analisa *drop voltage* dan *short circuit* tidak dilakukan pada beban penerangan
- 3) Analisa fokus pada perhitungan besar *drop voltage* dan *short circuit* maksimal.
- 4) Tidak mengimplementasikan perbaikan.

1.5. Manfaat

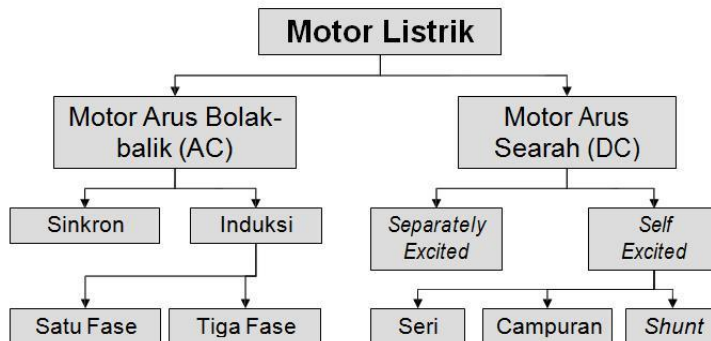
Manfaat yan diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui gangguan yang diakibatkan oleh *drop voltage* dan *short circuit* pada sistem kelistrikan kapal.
- 2) Mendapatkan saran atau solusi bagaimana cara memperbaiki dan mendeteksi gangguan sistem kelistrikan yaitu *drop voltage* dan *short circuit*

BAB II. DASAR TEORI

2.1. Motor Listrik

Motor listrik adalah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak mekanik, dimana energi mekanik tersebut berupa putaran dari motor (Sumanto, 1995). Berikut adalah klasifikasi jenis-jenis motor listrik



Gambar 2. 1 Diagram klasifikasi jenis-jenis motor listrik
Sumber : Laporan praktikum listrik perkapalan

Prinsip kerja motor listrik, tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa : kutub-kutub dari magnet yang senama akan tolak-menolak dan kutub-kutub tidak senama, tarik-menarik. Maka kita dapat memperoleh gerakan jika kita menempatkan sebuah magnet pada sebuah poros yang dapat berputar, dan magnet yang lain pada suatu kedudukan yang tetap.

2.2. Jenis-jenis Motor Listrik

Motor listrik digolongkan menjadi dua kelompok, yaitu mesin arus searah dan mesin arus bolak-balik. Motor arus bolak-balik, terutama motor induksi terbanyak dipakai dalam industri, sedangkan motor arus searah dipergunakan untuk tujuan-tujuan khusus.

➤ **Motor DC**

Motor DC adalah sebuah mesin listrik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa putaran, dikatakan motor dc disebabkan oleh sumber tegangannya yang menggunakan sumber tegangan arus searah atau yang sering disebut dengan *direct current* (DC). Motor dc harus memiliki komponen tambahan yaitu penguat, oleh karena itu Motor DC dibagi menjadi dua yaitu Motor DC penguatan sendiri dan Motor DC penguatan terpisah .

➤ **Motor AC**

Motor AC merupakan sebuah motor listrik yang tenaga penggerakannya berasal dari arus bolak-balik (arus AC). Motor AC lebih sering digunakan dalam industri dari pada motor DC. Tetapi motor AC ini tidak dapat beroperasi dengan baik pada kecepatan rendah dan juga umumnya memiliki torsi yang kecil sehingga banyak

digunakan pada aplikasi komponen listrik dengan beban rendah seperti compressor, motor, atau pompa. Motor AC juga memiliki karakteristik sulit dalam pengaturan

kecepatan, dimana diperlukan inverter untuk mengatur pasokan daya menuju motor listrik jenis ini.

2.3. Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotornya. Apabila sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator, timbulah medan putar dengan kecepatan

$$N_s = 120 f / P$$

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor, sehingga pada kumparan rotor akan timbul tegangan induksi atau gaya gerak listrik (ggl) perfasa sebesar:

$$E_r = 4,44 f_s N_r \Phi_m$$

Karena kumparan rotor merupakan m rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya Lorentz (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Seperti yang sudah disebutkan sebelumnya bahwa tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor rotor oleh medan magnet putar stator. Artinya agar adanya tegangan terinduksi maka diperlukan relatif antara kecepatan medan magnet putar stator (N_s) dan kecepatan putar rotor (N_r). Dan perbedaan antara N_s dan N_r ini disebut dengan slip (S). yang dinyatakan dengan

$$Slip = \frac{(N_s - N_r)}{N_s} \times 100\%$$

Bila $N_r = N_s$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor, dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan timbul bila $N_r < N_s$. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motortak serempak atau asinkron (Berlianti, 2015).

2.4. Generator

Generator adalah suatu sistem yang menghasilkan tenaga listrik dengan masukan tenaga mekanik. Generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik. Prinsip kerja generator adalah bilamana rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, dengan dasar inilah timbulah arus listrik.

Generator kapal merupakan alat bantu kapal yang berguna untuk memenuhi kebutuhan listrik di atas kapal. Dalam penentuan kapasitas generator kapal yang akan digunakan untuk melayani kebutuhan listrik di atas kapal maka analisa beban dibuat untuk menentukan jumlah daya yang dibutuhkan dan variasi pemakaian untuk kondisi operasional seperti manuver, berlayar, berlabuh, atau bersandar serta beberapa

kondisi lainnya. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui daya minimum dan maksimum yang dibutuhkan

2.5. Kestabilan Tegangan

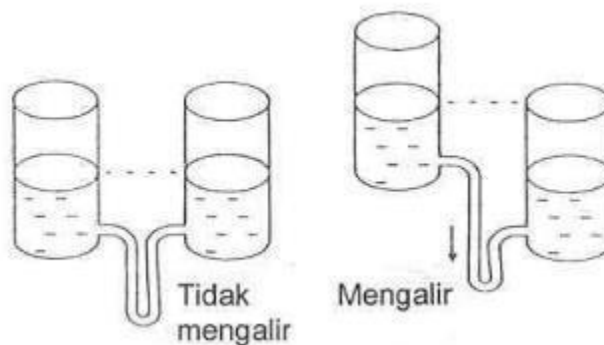
Kestabilan tegangan adalah kemampuan dari sistem tenaga listrik untuk mempertahankan kestabilan level tegangan pada batas yang diizinkan di semua bus apabila terjadi gangguan. Sebuah sistem dapat dikatakan stabil apabila mampu menjaga naik turun level tegangan pada batas yang sesuai standar dalam jangka waktu yang diizinkan saat terjadi keadaan tidak seimbang. Sebaliknya sistem tidak stabil apabila tidak dapat mengembalikan keadaan semula apabila terjadi gangguan. Salah satu penyebab ketidakstabilan adalah ketidaksinkronan antara kebutuhan beban dan pembangkitan. Biasanya gangguan yang terjadi adalah lepasnya beban yang signifikan pada saat thruster dengan tiba tiba melepas bebannya karena cuaca yang ekstrim atau lepasnya generator sehingga tegangan menjadi beresilasi tidak stabil.

Kestabilan berdasarkan gangguan yang terjadi dapat dikategorikan menjadi dua yaitu kestabilan tegangan akibat gangguan besar dan kestabilan tegangan akibat gangguan kecil. Gangguan besar yang terjadi adalah hilangnya supply dari generator (*generator outage*), perubahan beban yang besar dan *short circuit*. Sedangkan gangguan kecil yaitu perubahan beban dengan kapasitas yang kecil.

Kestabilan berdasarkan lama gangguan dapat dibedakan menjadi gangguan jangka pendek dan jangka panjang. Gangguan kestabilan jangka pendek mengakibatkan *voltage dip* dan *voltage swell*. Sedangkan gangguan kestabilan jangka panjang dapat mengakibatkan *undervoltage* dan *over voltage*.

2.6. Tegangan Listrik

Tegangan listrik merupakan perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam suatu rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan volt. Tegangan listrik dapat dinalogikan pada suatu sistem aliran air. Terdapat 2 tabung yang dihubungkan dengan pipa seperti pada gambar dibawah, Jika kedua tabung ditaruh di atas meja maka permukaan air pada kedua tabung akan sama dan tidak terjadi aliran air di dalam pipa tersebut. Kemudian, jika salah satu tabung diangkat lebih tinggi dari tabung yang lain secara otomatis air akan mengalir dari tabung yang lebih tinggi posisinya ke tabung yang lebih rendah. Makin tinggi tabung diangkat makin deras aliran air yang melalui pipa.



Gambar 2. 2 Aliran air dalam bejana

Sumber : Elektronika Dasar, Arus dan Tegangan Listrik

Terjadinya aliran tersebut merupakan bukti dari konsep energi potensial. Tingginya tabung menunjukkan besarnya energi potensial yang dimiliki. Kemudian perbedaan tinggi tabung tersebut yang menentukan besarnya perbedaan potensial. Jadi semakin besar perbedaannya semakin deras aliran air dalam pipa.

Konsep yang sama akan berlaku untuk aliran elektron pada suatu penghantar. Yang menentukan seberapa besar arus yang mengalir adalah besarnya beda potensial (dinyatakan dengan satuan volt). Jadi untuk sebuah konduktor semakin besar beda potensial akan semakin besar pula arus yang mengalir (ranu, 2007).

2.7. Tegangan Jatuh (*Drop Voltage*)

Jatuh tegangan ialah dimana suatu kondisi jumlah tegangan yang disalurkan tidak sama dengan tegangan yang diterima persis penerimanya (beban listrik). Jatuh tegangan tidak dapat dihilangkan, tetapi dapat diminimalkan (direduksi) agar sesuai dengan standar jatuh tegangan yang ada. *Loss situation* di dalam jaringan distribusi tenaga listrik adalah suatu kondisi atau keadaan dimana suatu sistem distribusi di dalam pendistribusian tenaga listriknya jatuh tegangan yang besar. Jarak dari sumber listrik (generator) atau junction ke beban atau peralatan listrik terlalu jauh, penampang kabel terlalu kecil, dan titik sambung merupakan penyebab susut teknis (Hermanto et al., 2013).

Akibat jatuh tegangan yang melebihi toleransi mengakibatkan banyak peralatan elektronik yang tidak bisa bekerja secara maksimal bahkan beberapa mengalami kerusakan. Peningkatan beban yang bersifat induktif dapat mengakibatkan pada penurunan faktor daya, peningkatan rugi-rugi jaringan, penurunan tegangan khususnya pada ujung saluran, dan regulasi tegangan yang memburuk. Dampak dari tegangan jatuh pada motor listrik adalah panas yang berlebih atau *overheat* karena apabila tegangan turun maka arus akan naik sehingga menimbulkan panas yang berlebih serta dapat mengurangi efisiensi dan umur dari motor listrik itu sendiri

Drop tegangan (tegangan jatuh) termasuk dalam rugi-rugi jaringan. Drop tegangan merupakan kerugian yang bersifat teknis. Ini disebabkan karena, adanya faktor

impedansi (Z) sepanjang saluran atau penghantar yang dilalui arus listrik. Drop tegangan adalah terjadinya selisih nilai tegangan antara nilai tegangan pada awal jaringan (sumber tenaga) dengan nilai tegangan pada ujung jaringan (beban atau konsumen). Besar drop tegangan yang terjadi bisa disimbolkan dengan ΔV . Drop tegangan yang terjadi pada sistem jaringan distribusi memiliki nilai yang berbeda pada tiap titik. Ini dipengaruhi oleh besarnya impedansi pada masing-masing titik (Erhaneli, 2013).

2.7.1. Penyebab Tegangan Jatuh

Terjadinya tegangan jatuh dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain jauhnya daerah distribusi tenaga listrik dari sumber listrik ke beban listrik, ketidakseimbangan beban, umur peralatan, diameter penghantar (kabel). Tidak hanya itu terdapat factor lain yang biasanya menyebabkan tegangan jatuh terjadi pada sistem kelistrikan kapal, seperti turunnya tegangan dari sumber listrik (generator) diakibatkan kurangnya eksitasi pada generator dan akibat dari arus start dari beban induksi seperti motor listrik. Salah satu faktor penyebab tegangan jatuh adalah arus starting motor, Istilah arus *starting*, dapat diartikan sebagai arus datang tiba – tiba atau arus kejut, dengan *magnitude* yang besar tetapi bukan merupakan arus gangguan. Meskipun arus *starting* bukan merupakan arus gangguan, tetapi keberadaannya juga dapat menginterupsi operasi dari motor listrik, yang dapat menimbulkan tegangan jatuh pada saat *starting*.

Ada beberapa metode *starting motor* yang dapat diaplikasikan untuk mengatasi arus *starting* yang besar, beberapa diantaranya adalah :

1. Direct Online (DOL)
2. Wye – Delta
3. Autotransformator
4. Soft Starter

Kondisi arus *starting motor* dan tegangan jatuh yang diterima oleh motor juga berpengaruh terhadap efisiensi motor yang dibuktikan dengan persamaan :
Dimana,

$$Eff (\%) = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Eff(%) : Efisiensi dalam persen (%)
P_{out} : Daya yang keluar (watt)
P_{in} : Daya yang diterima (watt).

Walaupun arus *start* yang besar tersebut hanya berlangsung dalam waktu yang cukup singkat, namun hal tersebut juga menyebabkan tegangan jatuh (*voltage drop*) sesaat yang disebut *voltage dip*. IEEE Std 1159-1995 mendefinisikan bahwa *voltage dip* merupakan penurunan tegangan antara 10 – 90% dari tegangan nominal dan berlangsung selama 0,5 siklus sampai 60 detik. Efek yang merugikan akibat *voltage dip* ini meliputi :

- Torsi yang bersifat *transient* yang dapat menyebabkan *stress* (tekanan) yang berlebih pada sistem mekanisnya.
- Menghambat akselerasi (percepatan) putaran motor menuju kecepatan normal.
- Kegagalan kerja dari peralatan – peralatan lainnya seperti *relay*, *contactor* dan menyebabkan *flicker* cahaya yang cukup mengganggu.

Untuk menjaga agar motor tetap beroperasi dan mencegah kegagalan kerja motor untuk mencapai kecepatan nominalnya, maka sebaiknya *voltage dip* tidak sampai di bawah 70% dari tegangan nominal. Dengan ini menganggap bahwa *flicker* cahaya bukanlah suatu hal yang mengganggu. Namun, jika faktor kualitas operasional dan pelayanan adalah hal yang utama, maka batasan *voltage dip* yang diijinkan adalah 10% (wahyudy et al., 2016).

2.7.2. Standard Tegangan Jatuh

Standard yang digunakan sebagai acuan untuk mengetahui apakah drop tegangan dapat diterima / tidak dalam penelitian ini adalah IEC (*International Electrotechnical Commission*). Standard IEC telah mengatur banyak hal yang berhubungan dengan instalasi listrik seperti persyaratan yang harus di desain / diterapkan pada instalasi berkaitan dengan efisiensi listrik. IEC tidak hanya mengatur tentang persyaratan instalasi listrik tetapi juga memberikan sebuah / saran pada proses perbaikan instalasi listrik agar mendapatkan efisiensi yang lebih baik. Salah satu bagian yang diatur oleh IEC adalah kualitas tegangan pada sebuah instalasi listrik. BKI juga mengeluarkan standar tegangan untuk instalasi listrik pada kapal dimana tegangan jatuh di nilai diantara busbar. Tingkat tegangan memiliki pengaruh yang cukup besar pada operasional peralatan dan juga berdampak pada efisiensi energi listrik dari instalasi tersebut, oleh sebab itu mengapa kualitas tegangan diatur dalam standard IEC. Berikut merupakan standard drop voltage / tegangan jatuh yang telah ditetapkan / diatur oleh IEC (*International Electrotechnical Commission*) dan BKI :

Tabel 2. 1 Standar *drop voltage* pada IEC

Type of installation	Lighting %	Other uses %
A – Low voltage installations supplied directly from a public low voltage distribution system	3	5

2. Rating on the basis of voltage drop

2.1 Under normal service conditions, the voltage drop between the busbars (main/emergency switch-board) and the consumers shall not exceed 6 %, or 10 % in the case of battery-supplied networks of 50 V or less. Navigation lights are subject to the requirements of Section 4, I.6.

Gambar 2. 3 Standar tegangan jatuh berdasarkan BKI

Sumber : BKI *Volume.4 Section.4*

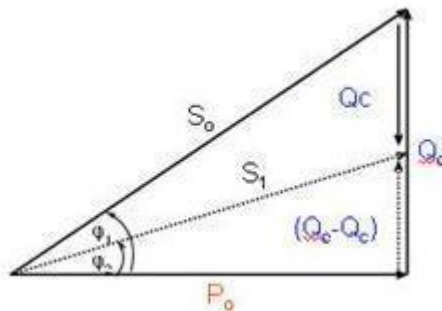
Pada tabel 2.1 menurut IEC 60364-8-1 maksimum tegangan jatuh pada instalasi sistem distribusi listrik di segmen *industry* yang diijinkan adalah sebesar 3% untuk beban penerangan dan 5% untuk beban kelistrikan lainnya, prosentase tersebut disesuaikan dengan berapa besarnya tegangan yang diberikan dari sumber tegangan. Kemudian pada gambar 2.2 di berikan nilai standar tegangan jatuh oleh BKI untuk seluruh peralatan elektronik tidak melebihi 6% dan 10% jika di suplai oleh batrai untuk

beban 50 Volt kebawah. Pada penelitian ini di gunakan standar terkecilnya yaitu IEC 5%.

2.7.3. Perbaikan Tegangan Jatuh

Masalah kualitas tegangan adalah persoalan perubahan tegangan atau arus yang bisa menyebabkan kegagalan atau tidak berfungsinya suatu peralatan dikarenakan bisa menurunkan efisiensi / keandalan dari peralatan tersebut dan hal ini tidak hanya berlaku didarat namun juga di marine (kapal) . Karena begitu pentingnya kualitas tegangan dapat dikatakan sebagai salah satu parameter yang perlu dipertimbangkan dalam pengelolaan energi listrik. Metode dalam upaya perbaikan tegangan jatuh pada dasarnya banyak, namun yang umum digunakan pada sistem distribusi menengah adalah dengan menggunakan metode penambahan kapasitor.

Penambahan kapasitor umumnya digunakan untuk perbaikan factor daya. Kapasitor dapat menghasilkan daya reaktif pada jaringan listrik. Jika terdapat rangkaian listrik yang bersifat induktif, saat rangkaian di sambungkan dengan kapasitor maka beban akan mendapatkan suplai daya reaktif dengan begitu mengurangi daya reaktif yang harus di berikan oleh sumber sebesar $Q_{koreksi}$ (daya reaktif yang berasal dari kapasitor). Sehingga tegangan jatuh dapat di kurangi.



Gambar 2. 4 Perbaikan factor daya

Sumber : <https://www.pembangkitlistrik.com>

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa penambahan kapasitor tidak berpengaruh terhadap jumlah daya aktif. Namun terlihat sudut ϕ semakin kecil sehingga nilai factor daya semakin meningkat. Sebelum dilakukan pemasangan perbaikan dengan kapasitor, terlebih dulu dilakukan perhitungan berapa besar jumlah daya reaktif (capasitor) yang di butuhkan pada suatu rangkaian terlebih dahulu.

Perhitungan berapa jumlah daya reaktif yang diperlukan dapat di lakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\tan \phi = \quad \quad \quad (2.5)$$

$$\tan(\arccos \phi) = \frac{Q}{P} \quad (2.6)$$

$$Q = \frac{P \tan(\arccos \phi)}{\cos \phi} \quad (2.7)$$

Sehingga :

$$Q_{\text{Compensation}} = Q_{\text{old}} - Q_{\text{new}} \quad (2.8)$$

$$= [P \times \tan(\arccos \phi_{\text{old}})] - [P \times \tan(\arccos \phi_{\text{new}})] \quad (2.9)$$

$$= P \times [\tan(\arccos \phi_{\text{lama}}) - \tan(\arccos \phi_{\text{new}})] \quad (2.10)$$

2.8. Gangguan Hubung Singkat (Short Circuit)

Gangguan hubung singkat dapat digolongkan menjadi dua macam, yaitu gangguan hubung singkat simetri dan tidak simetri (asimetri). Gangguan ini dapat menyebabkan mengalirnya arus lebih pada fasa yang terganggu. Selain itu, gangguan ini juga dapat menimbulkan kenaikan tegangan pada fasa yang tidak mengalami gangguan. Hampir semua gangguan yang terjadi pada sistem tenaga listrik merupakan gangguan tidak simetri (asimetri).

Gangguan arus lebih pada generator sering kali terjadi akibat adanya hubung singkat. Pada saat ini generator telah dibuat sedemikian rupa sehingga mampu bertahan terhadap adanya arus lebih, meskipun tidak terlalu lama. Settingan waktu tunda (time delay) dari pengaman harus mempertimbangkan kemampuan generator untuk bertahan terhadap kondisi hubung singkat yang terjadi di generator.

Gangguan hubung singkat terjadi akibat faktor internal dan faktor eksternal. Faktor internal dari gangguan adalah rusaknya peralatan listrik. Sedangkan faktor eksternal adalah cuaca buruk, badai, hujan, bencana, petir, dan lain-lain. Selain faktor internal dan faktor eksternal, gangguan terdiri dari gangguan temporer atau permanent. Gangguan temporer biasanya diamankan dengan CB (*Circuit Breaker*) atau pengaman lainnya. Sedangkan gangguan permanent adalah gangguan yang menyebabkan kerusakan permanent pada sistem. Seperti kegagalan isolator, kerusakan penghantar, dan kerusakan pada peralatan. Pada gangguan permanen sering terjadi pada saluran bawah tanah. Gangguan hubung singkat merupakan gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik. Beberapa akibat yang ditimbulkan dari adanya gangguan arus hubung singkat, yaitu aliran arus menjadi besar. Besarnya arus listrik yang mengalir dapat merusak peralatan listrik jika alat tersebut tidak dilengkapi dengan sistem proteksi

yang tepat. Besar kecil aliran arus hubung singkat dipengaruhi oleh letak terjadinya gangguan. Jika gangguan semakin dekat dengan sumber, maka arus gangguan akan semakin besar begitu sebaliknya. Perluasan sistem tenaga listrik perlu dianalisa kembali untuk mengetahui tingkatan peralatan pemutus tegangan, misalnya *Circuit Breaker* (CB). Supaya *Circuit Breaker* (CB) dapat mengamankan dari gangguan sistem tenaga listrik. Gangguan hubung singkat terdiri dari gangguan simetris dan hubung singkat tidak simetris. Perhitungan arus gangguan hubung singkat simetris dan tidak simetris dapat dilakukan dengan alat bantu perhitungan, yaitu komputer digital dengan bantuan software.

Sebagaimana diketahui bahwa pada saat terjadi hubung singkat, ada tiga kondisi arus atau reaktansi yang ada pada generator, yaitu arus sub peralihan (subtransient), arus peralihan (transient), arus tetap (steady state). Oleh karena itu, settingan arus dan waktu tunda hendaknya juga mempertimbangkan kondisi-kondisi tersebut. Penyetelan arus hendaknya juga mempertimbangkan kondisi - kondisi tersebut. Penyetelan arus hendaknya lebih besar dari nilai arus nominal generator sehingga memungkinkan generator mampu menahan beban lebih untuk beberapa detik. Hal yang penting untuk pengaman generator terhadap arus lebih adalah adanya koordinasi pengaman, baik besaran arus maupun waktu tundanya (time delay). Disamping itu perlu pertimbangan juga adanya pengaman cadangan (back up) pada generator.

Terdapat dua nilai dari gangguan arus hubung singkat yang harus dievaluasi. Yang pertama arus hubung singkat maksimal. Nilai dari arus ini digunakan untuk mengetahui kapasitas pemutus dari *circuit breaker*, kapasitas pembuatan dari *circuit breaker*, dan kapasitas menahan elektrodinamik dari sistem pengkabelan dan switchgear. Nilai maksimal arus hubung singkat akan berkaitan dengan arus hubung singkat pada terminal di sekitar alat perlindungan. Nilai ini harus dihitung secara akurat dan ditambahkan margin pengaman.

Yang kedua, arus hubung singkat minimal. Nilai dari arus ini arus penting digunakan ketika memilih kurva waktu-arus untuk rangkaian pemutus dan sekering, khususnya ketika: kabel berukuran panjang dan atau impedansi sumber relative tinggi, (seperti generator, UPSs), perlindungan jangka waktu hidup tergantung pada penggunaan circuit breaker atau sekering, khususnya pada kasus sistem elektrikal IT. Perlu dicatat bahwa arus hubung singkat minimal tergantung pada arus hubung singkat pada ujung dari jaringan pelindung, umumnya fasa ke tanah untuk LV dan fasa ke fasa untuk HV (netral tidak terdistribusi), di bawah kondisi operasi yang paling buruk (kesalahan di ujung feeder dan bukan hanya downstream dari perangkat perlindungan, satu trafo di layanan ketika dua dapat dihubungkan, dll.).

Sistem proteksi adalah sistem pengaman peralatan listrik seperti generator, transformator, motor dll. terhadap kondisi-kondisi abnormal. Fungsi utama dari sistem proteksi adalah menghindari atau mengurangi kerusakan peralatan listrik, mempercepat melokalisir daerah yang terganggu, mengamankan manusia dari bahaya listrik (Hutahuruk, 1991).

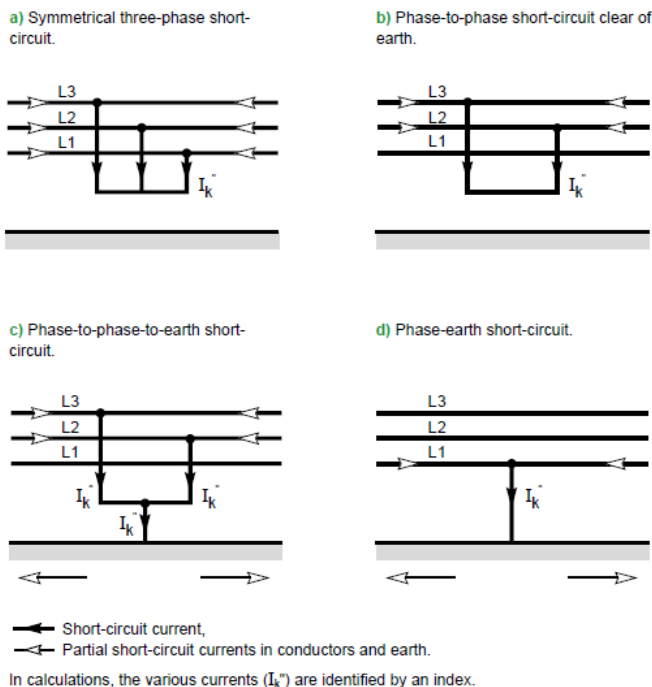
Perhitungan sirkuit pendek untuk pemilihan switchgear dan koordinasi perlindungan dilakukan sesuai dengan praktik nasional dan internasional yang telah ditetapkan, yang paling penting dan diterima secara luas adalah Standar IEC dan ANSI / IEEE. Standar IEC 60909 yang diterapkan dalam makalah ini, mencakup berbagai

tingkat tegangan jaringan, konfigurasi, kondisi operasi dan peralatan pembangkit dan beban.

Koordinasi proteksi pada sistem kelistrikan membutuhkan beberapa pembelajaran khusus salah satunya yaitu terletak pada cara mendesain waktu *trip*. Untuk memproteksi sebuah sistem harus diperhatikan mengenai batas daerah mana yang akan diamankan, sehingga suatu sistem proteksi akan memberikan respon terhadap gangguan yang terjadi pada sekitar daerah yang terkena gangguan. Idealnya daerah proteksi harus saling *overlap*, sehingga setiap bagian dari sistem mendapatkan perlindungan. Antara *circuit breaker* utama dengan *circuit breaker* cadangan (*backup*) harus di koordinasikan agar menghasilkan sistem proteksi yang sempurna.

Pada umumnya proteksi cadangan memiliki perlambatan waktu (time delay), hal ini bertujuan supaya proteksi utama dapat memproteksi terlebih dahulu, dan apabila proteksi utama gagal, maka proteksi cadangan yang akan beroperasi selanjutnya (Wahyudi, 2008). Untuk memenuhi fungsi tersebut maka waktu trip proteksi utama disetel lebih cepat daripada trip proteksi cadangan. Pengaman dengan kemampuan selektif yang baik dibutuhkan untuk mencapai keandalan sistem yang tinggi karena dengan pengamanan yang cepat dan tepat maka akan mengisolir gangguan seminimal mungkin. (Warrington, 1962). Beberapa arus hubung singkat dapat terjadi di instalasi listrik. Terdapat karakteristik utama yang dimiliki oleh gangguan ini, yaitu :

- Durasi (self-extinguishing, transient, dan steady-state)
- Sumber : mekanik (putus di salah satu konduktor, kontak listrik tak disengaja antara dua konduktor melalui benda penghantar dari luar), internal atau atmosfer tegangan berlebih
- Kerusakan insulasi akibat panas, kelembaban atau lingkungan korosif.
- Lokasi : di dalam atau di luar mesin atau electrical switchboard
- Fasa ke tanah (80% dari kegagalan)
- Fasa ke fasa (15% dari kegagalan). Tipe kegagalan ini seringkali digolongkan ke kegagalan 3 fasa
- Tiga fasa (hanya 5% dari keseluruhan kegagalan)



Gambar 2. 5. Perbedaan tipe dari jenis gangguan arus hubung singkat
(sumber : Calculation of Short-Circuit Currents, Cahier Technique No. 158)

Ada beberapa konsekuensi yang akan didapatkan ketika terjadi gangguan arus hubung singkat. Konsekuensi yang didapat bermacam-macam bergantung dengan tipe dan durasi dari gangguan, titik instalasi di mana terjadi gangguan, dan daya gangguan arus hubung singkat. Konsekuensi yang didapat juga termasuk :

- a. Pada lokasi gangguan, kemunculan busur elektrik berakibat pada :
 - kerusakan insulasi
 - kerusakan hasil pengelasan konduktor
 - menyebabkan kebakaran dan membahayakan keselamatan
- b. Pada sirkuit gangguan (*faulty circuit*):
 - gaya elktrodinamis, menyebabkan :
 - deformasi pada busbar
 - kabel terputus
 - kenaikan temperatur yang berlebihan karena peningkatan di *joule losses*, dengan risiko kerusakan isolasi
- c. Pada sirkuit lain di jaringan atau dekat dengan jaringan terjadi gangguan :
 - tegangan turun selama waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan gangguan, mulai dari beberapa milidetik hingga beberapa bagian dari jaringan mati, sejauh mana bagian itu tergantung pada desain jaringan dan tingkat diskriminasi (*discrimination levels*) yang ditawarkan oleh perangkat perlindungan beberapa ratus milidetik
 - ketidakstabilan dinamik atau kehilangan sinkronisasi mesin
 - gangguan pada sirkuit kontrol dan monitor.

2.8.1. Perhitungan Standar Arus Hubung Singkat

Standar perhitungan untuk menghitung arus hubung singkat mengusulkan sejumlah metode.

- a. Panduan aplikasi C 15-105, yangsuplemen NF C 15-100 (Normes Françaises)(instalasi AC tegangan rendah), perincian empat metode:

- 1) Metode "impedansi", digunakan untuk menghitung gangguan arus pada setiap titik di instalasi, dengan tingkat akurasi yang tinggi. Metode ini melibatkan penambahan berbagai resistansi dan reaktansi dari loop gangguan secara terpisah, dari (dan termasuk) sumber ke titik gangguan, dan kemudian menghitung impedansi yang sesuai. Nilai I_{sc} adalah akhirnya diperoleh dengan menerapkan hukum Ohm:

$$I_{sc} = U_n / \sum(Z)$$

Semua karakteristik dari berbagai elemen diloop gangguan harus diketahui (sumber dan pengkabelan sistem). Perhatikan bahwa dalam panduan aplikasi, sejumlah faktor tidak diperhitungkan, terutama:

- Reaktansi dari pemutus sirkuit dan busbar;
- resistensi mesin berputar.

Hasil yang diperoleh mungkin berbeda dari itu disajikan dalam bab berikutnya, karena ini faktor diperhitungkan.

- 2) Metode "komposisi", yang dapat digunakan ketika karakteristik catu daya berada tidak diketahui. Impedansi hulu dari sirkuit yang diberikan dihitung atas dasar suatu perkiraan arus hubung singkat pada asalnya. Faktor daya $\cos \Phi_{sc} = R / X$ diasumsikan, identik pada asal sirkuit dan kesalahanlokasi. Dengan kata lain, diasumsikan bahwa impedansi dasar dua berturut-turut bagian dalam instalasi cukup serupa dalam karakteristik mereka untuk membenarkan penggantian penambahan vektor dari impedansi oleh penambahan aljabar. Pendekatan ini mungkin digunakan untuk menghitung nilai sirkuit pendek modulus saat ini dengan akurasi yang cukup untuk penambahan sirkuit. Ini sangat perkiraan metode harus digunakan hanya untuk instalasi di beri nilai hingga 800 kVA
- 3) Metode "konvensional", yang dapat digunakan, ketika impedansi dari I_{sc} dipemasangan hulu dari sirkuit yang diberikan tidak dikenal, untuk menghitung hubungan pendek minimum arus dan arus gangguan pada akhir agaris. Ini didasarkan pada asumsi bahwa tegangan pada asal sirkuit sama dengan 80% dari tegangan pengenal instalasi selama arus pendek atau gangguan. Metode ini hanya mempertimbangkan resistensi dari konduktor dan menerapkan koefisien lebih besar dari 1 untuk konduktor dengan luas penampang yang besar untuk memperhitungkan induktansi mereka (1,15 untuk 150 mm², 1,20 untuk 185 mm², dll.). Itu terutama digunakan untuk sirkuit terakhir dengan asal yang di ajarak yang cukup jauh dari kekuasaan sumber (jaringan atau unit pembangkit listrik). Metode yang "disederhanakan" (disajikan secara rinci dalam panduan aplikasi ini), yang, melalui tabel berdasarkan pada berbagai asumsi penyederhanaan, menunjukkan untuk setiap area penampang konduktor:
- Nilai saat ini dari perlindungan yang berlebihan alat;
 - Panjang maksimum sistem kabel yang harus dipelihara, perlindungan terhadap kontak tidak langsung;
 - panjang yang diijinkan dalam melihat penurunan tegangan listrik . Data dalam tabel sebenarnya adalah hasil dari perhitungan berjalan menggunakan dasarnya komposisi dan metode konvensional. Metode ini dapat digunakan untuk menentukan karakteristik rangkaian yang akan ditambahkan ke instalasi yang ada yang cukup informasi tidak tersedia. Itu langsung berlaku untuk instalasi LV, dan dapat digunakan dengan koefisien koreksi jika tegangan tidak 230/400 V.
- b. Standar IEC 909 (VDE 0102) berlaku untuk semua jaringan, radial atau menyatu, hingga 230 kV. Metode ini, berdasarkan teorema Thevenin, menghitung sumber tegangan ekuivalen pada lokasi hubungan pendek dan kemudian menentukan arus hubung singkat yang sesuai. Semua jaringan pengumpulan serta sinkron dan mesin asynchronous diganti dalam perhitungan dengan impedansinya (positif urutan, urutan negatif dan zero sequence). Semua kapasitansi garis dan paralel penerimaan beban non-rotating, kecuali itu dari sistem urutan-nol, diabaikan.

2.8.2. Perhitungan Arus Hubung Singkat Berdasarkan Metode Impedansi

Arus hubung singkat dapat dihitung berdasarkan impedansi yang diwakili oleh rangkaian. Impedansi ini, pada gilirannya, dapat dihitung dengan menjumlahkan berbagai hambatan dan reaktansi dalam kekuasaan sumber dan loop garis kesalahan. Secara matematis, impedansi hubung pendek dihitung melalui (Z_{SC}) Persamaan (1). Dalam perhitungan ini, $\sum R$ adalah penjumlahan dari resistansi serial dan $\sum X$ adalah jumlah dari serial reaktansi (Schneider Electric, 2005).

$$Z_{sc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

Kalkulasi dari arus hubung singkat berdasarkan hukum Ohm. Persamaan matematika diberikan pada persamaan di bawah ini. Di mana, I_{sc} adalah arus hubung singkat pada arus hubung singkat tiga fasa. V_n adalah tegangan jaringan tidak terdefinisi dan 3-5% lebih tinggi dari nilai tegangan terminal.

$$I_{sc} = \frac{V_n}{\sqrt{3} \times Z_{sc}}$$

Gangguan arus hubung singkat tiga fasa ini melibatkan ketiga fase. Hubungan arus pendek I_{sc3} saat ini sama dengan :

$$I_{sc3} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{sc}}$$

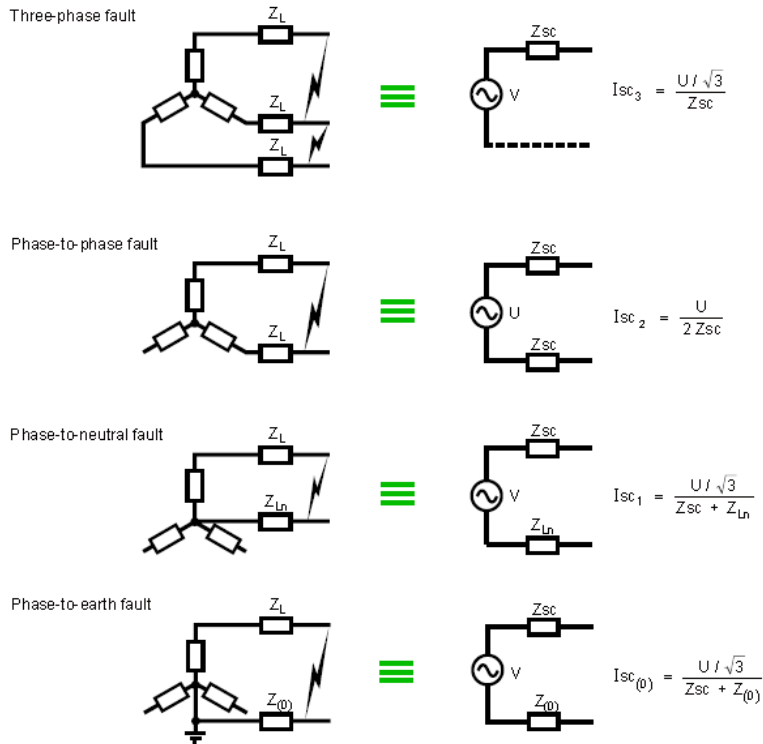
di mana U (tegangan fase-ke-fase) bersesuaian ke transformator tanpa beban tegangan yang 3 sampai 5% lebih besar dari tegangan beban di seluruh terminal. Misalnya, dalam jaringan 390 V, tegangan fase-ke-fase yang diadopsi adalah $U = 410$, dan tegangan fase-ke-netral adalah $U / \sqrt{3} = 237$ V.

Perhitungan arus hubung singkat karenanya hanya membutuhkan perhitungan Z_{sc} , impedansi isama dengan semua impedansi yang dilaluinya. I_{sc} mengalir dari generator ke lokasi kesalahan, yaitu impedansi dari sumber daya dan jalur pengkabelan. Ini, pada kenyataannya, impedansi "urutan positif" per fase:

$$Z_{sc} = \sqrt{(\sum R)^2 + (\sum X)^2}$$

dimana $\sum R$ = jumlah resistansi seri, $\sum X$ = jumlah reaktansi seri.

Umumnya dianggap kesalahan tiga fase mampu menimbulkan kesalahan arus tertinggi. Kesalahan arus dalam diagram ekivalen polifase sistem dibatasi oleh hanya impedansi satu fase pada tegangan fase-ke-netral dari jaringan. Perhitungan I_{sc3} karenanya penting untuk pemilihan peralatan (arus maksimum dan kemampuan menahan elektrodinamik).



Gambar 2. 6 Jenis arus hubung singkat

(sumber : Calculation of Short-Circuit Currents, Cahier Technique No. 158)

Berikutnya adalah gangguan antara dua fase, diberikan dengan tegangan fase-ke-fase U . Dalam hal ini, arus pendek I_{sc2} kurang daripada kesalahan tiga fase:

$$I_{sc2} = \frac{U}{2 Z_{sc}} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{sc3} \approx 0.866 I_{sc3}$$

Selanjutnya adalah gangguan antara satu fase dan netral, dilengkapi dengan tegangan fase-ke-netral, $V = U / 3$. Maka, perhitungan dari I_{sc1} atau arus hubung singkat pada jenis ini adalah :

$$I_{sc1} = \frac{U / \sqrt{3}}{Z_{sc} + Z_{Ln}}$$

Dalam kasus-kasus khusus tertentu gangguan dari fase ke netral, impedansi urutan-nol dari sumber kurang dari Z_{sc} (misalnya, diterminal transformator terhubung

bintang-zigzag atau generator di bawah kondisi subtransien). Dalam hal ini, arus gangguan fasa-ke-netral mungkin lebih besar daripada kesalahan tiga fase. Perhitungan selanjutnya adalah jenis gangguan ini membawa urutan-nol impedansi $Z(0)$ ke dalam jaringan yang berjalan. Kecuali ketika mesin berputar terlibat (mengurangi impedansi urutan-nol), *short circuit* I_{sc} saat ini ($I(0)$) kurang dari sebuah gangguan tiga fasa. Perhitungan $I_{sc}(0)$ mungkin diperlukan, tergantung pada sistem netral (sistem pengaturan pembumian), mengingat mendefinisikan pengaturan ambang untuk urutan-nol (HV) atau perangkat pelindung gangguan-bumi (LV).

2.8.3. Perhitungan berdasarkan IEC 60909

IEC 60909 adalah *short circuit currents standard* yang digunakan sebagian besar Eropa. Metode SCC (*short circuit currents*) mirip dengan perhitungan FIC (fixed impedance calculation). Perbedaan yang paling penting adalah penggunaan faktor koreksi tegangan ($c = 1.1$ untuk tegangan tinggi jaringan) dan faktor koreksi impedansi. Pengenalan faktor koreksi tegangan c pada dasarnya meningkatkan besarnya tegangan sumber tegangan diterapkan ke N2 jaringan pasif sebesar 10%. Ini membuat kesalahan saat ini setidaknya 10% lebih tinggi dan terkadang mengarah ke hasil yang lebih konservatif (pesimis). Impedansi dari semua rotating plant adalah konstan dalam hal ini perhitungan. Ini impedansi konstan untuk sinkron mesin dihitung menggunakan impedansi sub-transien dan faktor koreksi impedansi terkait. Impedansi yang digunakan untuk motor asynchronous dihitung menggunakan nilai impedansi rotor yang terkunci.

Standar IEC 60909 mendefinisikan dan menyajikan serta menerapkan metode komponen simetris, yang dapat digunakan oleh para insinyur yang tidak khusus lapangan. Metode ini berlaku untuk jaringan listrik dengan tegangan pengenalan kurang dari 230 kV dan standar menjelaskan perhitungan minimum dan arus hubung singkat maksimum. Diperlukan mengingat kalibrasi arus lebih perangkat perlindungan dan yang terakhir digunakan untuk menentukan karakteristik yang dinilai untuk peralatan listrik. Mengingat aplikasinya ke jaringan LV, yang standar disertai dengan panduan aplikasi IEC 60781. Berikut adalah prosedur perhitungan dengan standar IEC 60909.

1. Menghitung tegangan ekuivalen pada lokasi gangguan, sama dengan $c U_n / \sqrt{3}$, di mana c adalah faktor tegangan yang diperlukan dalam perhitungan untuk memperhitungkan
 - variasi tegangan dalam ruang dan waktu;
 - kemungkinan perubahan tappings transformator;
 - perilaku subtransier generator dan motor.

Rated voltage U_n	Voltage factor c for calculation of	
	Isc max.	Isc min.
LV		
230 - 400 V	1	0.95
Others	1.05	1
HV		
1 to 230 kV	1.1	1

Gambar 2. 7 Nilai dari faktor tegangan (c)

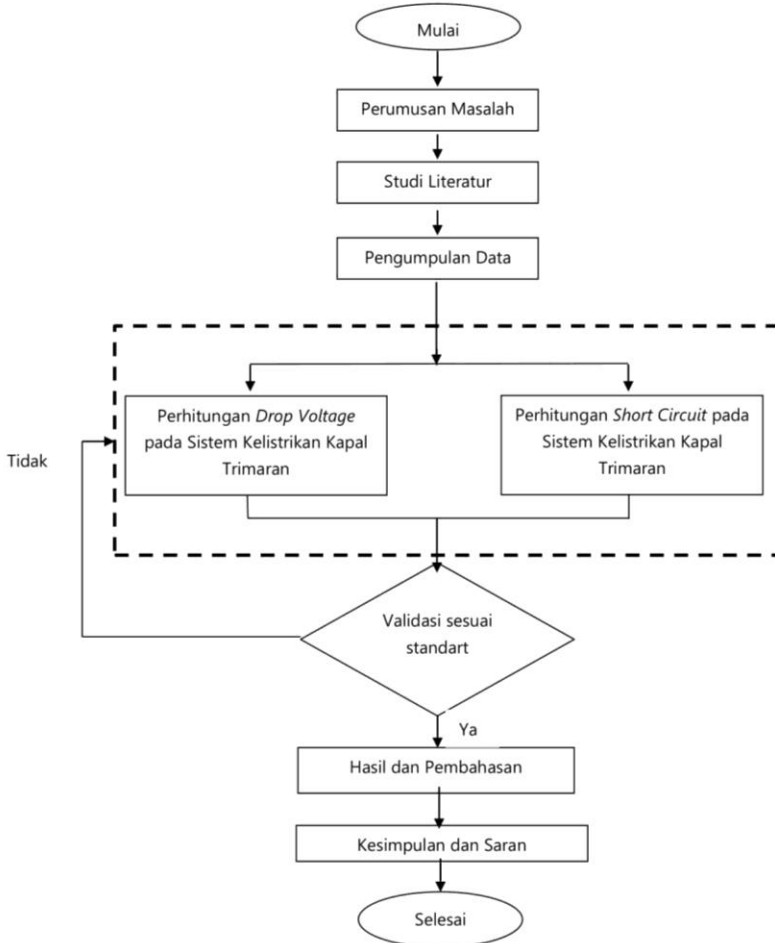
(sumber : Calculation of Short-Circuit Currents, Cahier Technique No. 158)

2. Menentukan dan menambahkan positive sequence setara, urutan negatif dan zero sequence impedansi hulu dari kesalahan lokasi.
3. Menghitung arus hubung singkat awal menggunakan komponen simetris. Praktis berbicara dan tergantung pada jenis kesalahan, yang persamaan yang diperlukan untuk perhitungan Isc ditunjukkan dalam tabel di bawah ini.
4. Setelah nilai Isc (I_k) diketahui, menghitung nilai-nilai lain seperti nilai puncak Isc, thenilai Isc steady state dan maksimum, steady state Nilai Isc.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang dilakukan. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alur Metodologi Penelitian

3.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan penelitian ini. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam skripsi. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa skripsi ini

dikerjakan dapat diketahui. Dalam skripsi ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai analisa arus hubung singkat dan tegangan jatuh pada sistem kelistrikan kapal trimaran apakah sesuai dengan standart yang ditentukan.

3.3. Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan.

3.4. Pengumpulan Data

Selanjutnya adalah pengumpulan data yang bertujuan memperoleh data dan informasi yang menunjang pengerjaan skripsi. Dalam hal ini data yang dibutuhkan antara lain :

1. Principal dimention
2. Data load calculation
3. Data pemilihan generator
4. Data standar IEEE dan IEC

3.5. Perhitungan *Drop Voltage* Dan *Short Circuit* Pada Sistem Kelistrikan Kapal Trimaran

Setelah dilakukan pengumpulan data sistem kelistrikan , kemudian melakukan perhitungan tegangan jatuh dan arus hubung singkat tiga fasa. Dari hasil perhitungan ini didapatkan besarnya nilai *drop voltage* dan *short circuit* yang terjadi. Apabila terjadi *drop voltage* dan *short circuit* maka akan dilakukan perbaikan

3.6. Analisa Perhitungan

Pada tahap ini membahas tentang analisa besarnya nilai *drop voltage* dan *short circuit* yang terjadi. Kemudian dianalisa untuk melihat kesesuaian dengan standar dari IEC dan IEEE. Lalu jika melebihi standar akan dilakukan perbaikan dengan mencari kapasitor dan *circuit breaker*.

3.7. Kesimpulan

Pada bagian kesimpulan berisi rangkuman hasil analisa dan jawaban dari rumusan masalah. Saran berisikan mengenai hal – hal yang perlu dikaji lebih lanjut mengenai tugas akhir ini maupun hal lain serupa yang ingin dikaji lebih lanjut untuk penelitian berikutnya.

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Utama Kapal

Pada penelitian ini analisis drop voltage dan short circuit dilakukan pada Kapal Trimaran, berikut data utama dan dimensi kapal pada perencanaan design kapal trimaran ini :

Tipe Kapal	: <i>High Speed Passenger Ferry (Trimaran)</i>
Class	: GL
<i>Tonnage Gross</i>	: 6307
Deadweight	: 680.35
LOA	: 102 m
B	: 27.5 m
H	: 7.6 m
T	: 4,95 m
Vs	: 34 knot



Gambar 4. 1 Kapal Feri trimaran

4.2. Load Calculation

Untuk menentukan kapasitas generator di kapal, digunakan suatu tabel balance daya yang mana seluruh peralatan listrik yang ada kapasitasnya atau dayanya tertera dalam tabel tersebut. Sehingga, dengan tabel balance daya tersebut dapat diketahui daya listrik yang diperlukan untuk masing-masing kondisi operasional kapal. Dalam penentuan *electric balance* BKI Vol. IV (Bab I, DI) mengisyaratkan bahwa :

- a. Seluruh perlengkapan pemakaian daya yang secara tetap diperlukan untuk memelihara pelayanan normal harus diperhitungkan dengan daya kerja penuh
- b. Beban terhubung dari seluruh perlengkapan cadangan harus dinyatakan. Dalam hal perlengkapan pemakaian daya nyata yang hanya bekerja bila suatu perlengkapan serupa rusak, kebutuhan daya nya tidak perlu dimasukkan dalam perhitungan

- c. Daya masuk total harus ditentukan, dari seluruh pemakaian daya yang hanya untuk sementara dimasukkan, dikalikan dengan suatu faktor kesamaan waktu bersama (*common simultancy factor*) dan ditambahkan ke daya masuk total dari seluruh perlengkapan pemakaian daya yang terhubung tetap
- d. Daya masuk total sebagaimana telah ditentukan sesuai a. dan c. Maupun daya yang diperlukan untuk instalasi pendingin yang mungkin ada, harus dipakai sebagai dasar dalam pemberian ukuran instalasi generator.

Faktor beban (*load factor*) didefinisikan sebagai perbandingan antara waktu bekerjanya peralatan pada suatu kondisi dengan total waktu aktifitas suatu kondisi. Sesudah diadakan pengelompokan, kemudian dari data yang ada diisikan jumlah peralatan, daya masuk kemudian saat pengoperasian peralatan tersebut juga banyaknya peralatan yang akan dioperasikan mengingat adanya peralatan cadangan. Prosentase faktor beban diisikan pada tiap kondisi operasi dan besarnya tergantung pada seringnya peralatan tersebut dipakai, besarnya pemakaian daya dari peralatan tersebut terhadap daya nominal dan berdasarkan pada pengalaman perancangan sebelumnya. Untuk peralatan yang jarang beroperasi dianggap mempunyai beban nol (Would dan Staperma, 2003).

Peralatan listrik diatas kapal memiliki karakter pembebanan yang spesifik dimana peralatan bekerja tidak pada waktu pemakaian yang teratur dan secara bersamaan. Terdapat dua jenis pembebanan dalam pengoperasian peralatan listrik di atas kapal yaitu :

- a. Beban yang bekerja terus menerus (*continuous load*) yaitu peralatan yang beroperasi secara kontiniu pada kondisi pelayaran normal seperti lampu navigasi, pompa untuk CPP.
- b. Beban terputus-putus (*intermitten load*) yaitu peralatan yang beroperasi secara terputus-putus pada kondisi pelayaran normal dengan periode waktu yang tidak tetap seperti pompa transfer bahan bakar, pompa air tawar (Sasmito, 2015).

Tabel 4. 1 Tabel Load Factor

Kind of Auxiliary Machinery		Load Factor f_0			Remarks	
		Normally at sea	Arrival & Departure	Cargo Handling		
Auxiliary Machinery for diesel ships	Cooling freshwater pumps	85	85			
	Cooling sea water pumps	85	85			
	Lubricating oil pumps	65	65			
	Fuel valve cooling freshwater pumps	85	85			
	Fuel valve cooling oil pumps	70	70			
	Grade-C heavy oil purifiers and pumps	65				
	Fuel oil clarifiers and pumps	65				
	Booster pumps	65	65			
	Aux. Boiler use	Feed water pumps	85	85	85	
		Fuel oil burning pumps	65	65	85	
		Forced draft fans	85	85	85	
	Exhaust gas boiler circulating water pump	85				
	Air compressor		85			
	Generator cooling water pumps			85		
Aux. Machinery commonly	Freshwater pumps	85	85	85		
	Sanitary pumps	85	85	85		
	Ventilating fans	85	85	85		
	Pumps fitted on distilling plant	85				
Deck Machinery	Winches			30 ~ 40	To be considered according to the number installed and type	
	Cargo oil pumps			30		
	Steering gear	20	20			
	Accommodation space	Fans	80	80	50	
		Electric heaters	80	80	50	
		Air conditioning equipment	80	80	50	
	Electric fans	80	80	50		
	Pumps room ventilating fans			80		
	Cargo hold ventilating fans	60 ~ 80	60 ~ 80		Not include fans for cargo hold desiccator	
	Hot water circulating fans	80	80	80		
	Refrigerator	For provision	60	80 *	60	* mark to be calculated by adding installation number
		For cargo	60	80 *	80 *	- ditto -
	Innert gas fans for cargo oil	70	70	85 *		
	LPG re-liquefying compressor	90	90	90		
	LPG cargo pump					
Innert gas generator for LPG	80					
Refrigerated container	45 ~ 65	45 ~ 65	45 ~ 65			

Tabel 4. 1 Tabel Load Factor (Lanjutan)

Others	Cargo lamps	Fixed			100	100								
		Portable					80							
	Projectors						80							
	Funnel Lights				100	100								
	Lighting	Accommodation		80		80		70						
		Engine room		100		100		100				Not include hand lamps.		
		Navigation lights		100		100								
	Motor generator		70		70		70							
Gyro-compass		80		80										
Radar					100									
Auxiliary Machinery for turbin ships	Main circulating pump			75 ~ 90		75 ~ 90								
	Generator circulating pumps			80 ~ 90		80 ~ 90		80 ~ 90						
	Main feed pumps	Cargo ship		65 ~ 70		50 ~ 60								
		Tanker		75 ~ 80		50 ~ 60								
	Auxiliary feed pumps											Continuous load only during cargo handling. Load factor is to be determined according to actual operating conditions		
	Main condensate pumps			65 ~ 75		50 ~ 60								
	Auxiliary condensate pumps											When the main condensate pumps are not used for generator condensate transfer. Load factor is to be determined according to actual operating conditions		
	Lubricating oil pumps			60 ~ 70		60 ~ 70								
Fuel oil burning pumps			70 ~ 80		75 ~ 85		75 ~ 85							
Auxiliary Machinery for turbin ships (cont.d)	Forced draft fans	When speed and vane control	A	Cargo ship	55 ~ 65	50 ~ 60						Lower values for sirocco type and high values for turbo-vane type fans. Load factor during cargo handling is to be determined according to actual operating conditions		
				Tanker	65 ~ 75	50 ~ 60								
			B	Cargo ship	65 ~ 75	55 ~ 65								
		Tanker		68 ~ 75	55 ~ 65									
		When dumper control	Cargo ship		75 ~ 85	70 ~ 80								
			Tanker		80 ~ 90	70 ~ 80								
	Drain pumps	When LPSG ¹ in-scaled	Cargo ship		70	70		70						
			Tanker		60 ~ 75	55 ~ 70		80 ~ 90						
		Without LPSG ¹ in-scaled	Cargo ship		70	70		70				In case of motor driven deck machinery		
			Tanker		25	25		75				In case of steam driven deck machinery		
	Automatic combustion control devices			80 ~ 90		80 ~ 90		80 ~ 90						
	Soot blowing air compressor			80 ~ 90								To be calculated as intermittent load depending on the type of boiler.		
Ship's service air compressor			80 ~ 90		80 ~ 90		80 ~ 90				In case of automatic starting device is installed			
Turning motor					80 ~ 90		80 ~ 90							

Tabel 4. 1 Tabel Load Factor (Lanjutan)

Aux. Machinery for diesel ships	Agrade heavy fuel oil purifier and pumps		* 65			* 65	For the case that ship mainly uses C grade heavy fuel oil during sea going. However when the ship uses A grade heavy fuel oil during sea going the purifiers are to be continuous load
	Turning motor					* 80	
Aux. Machinery commonly used in diesel and turbine ships	General service pumps		* 65	* 65			
	Bilge pumps		85				
	Ballast pumps		85			85	
	Fuel oil transfer pumps		80			* 80	When sea water is used as ballast, ballast pump should be marked with *.
	Lubricating oil extraction pumps		80			80	
Deck machinery	Lubricating oil purifiers		* 80			80	There may be a case to be used as a continuous load
	Windlasses				* 40		
	Boat winches					80	
	Butterworth pump		85				In case of tanker this pump should be * marked and the general service pump is to be * marked.
	Stripping pumps		15 ~ 25			55 ~ 65	
	Accommodation ladder winch				80		
	Capstans and mooring winches				* 40		
Others	Galley, pantry and laundry service	Electric range	* 40 ~ 60	* 40 ~ 60	* 40 ~ 60		Considerations are to be given according to type and particular of installation
		Electric oven	* 40 ~ 60	* 40 ~ 60	* 40 ~ 60		- ditto -
		Others	40	40	40		Considerations are to be given when the equipment of large capacity is to be installed particularly
	Projectors				* 80		
	Motor generator for battery use		80	80	80		
	Radar		* 100				
	Radio equipment		* 80				
	Nautical instruments		* 60	* 60			
Motor siren and motor horn		80	80				

Setelah mengetahui Load factor, selanjutnya dapat untuk memulai pengerjaan load calculation. Tabel load factor digunakan untuk sebagai perbandingan antara waktu bekerjanya peralatan pada suatu kondisi dengan total waktu aktifitas suatu kondisi. Sesudah diadakan pengelompokan, kemudian dari data yang ada diisikan jumlah peralatan, daya masuk kemudian saat pengoperasian peralatan tersebut juga banyaknya peralatan yang akan dioperasikan mengingat adanya peralatan cadangan. Prosentase faktor beban diisikan pada tiap kondisi operasi dan besarnya tergantung pada seringnya peralatan tersebut dipakai, besarnya pemakaian daya dari peralatan tersebut terhadap daya nominal dan berdasarkan pada pengalaman perancangan sebelumnya. Biasanya berkisar 85% atau 0,85 pada kondisi normally at sea dan manuevering, atas dasar tersebut penulis menggunakan kondisi manuevering dalam penelitian ini.

Tabel 4. 2 Tabel Load Calculation

Instrument	Power (kW)		Sailing		Manover		Cargo Handling		At Port											
	Output	Eff	Input	Total Load	UF	Power (kW)	Total Load	UF	Power (kW)	Total Load										
System Waterjet																				
Lubricating oil pump	300	50	3	Δ	1	3	0.55	3.157895	1	0.55	2.052632	1	0.9	2.842105	1	0.35	1.025263	1	0.35	1.025263
Risk series water jets	300	50	3	Δ	1	18	0.55	18.94737	1	0.55	12.31579	1	0.55	16.10526	1	0.35	6.631579	1	0.35	6.631579
Motor Hydraulic	300	50	3	Δ	1	11	0.55	11.57895	1	0.55	7.526316	1	0.55	9.842105	1	0.35	4.052632	1	0.35	4.052632
Cooling capacity Hydraulic	300	50	3	Δ	1	24.58	0.55	25.87398	1	0.55	16.81789	1	0.55	21.95263	1	0.35	9.057399	1	0.35	9.057399
Cooling capacity Lubricating	300	50	3	Δ	1	14.03	0.55	14.78942	1	0.55	9.598474	1	0.55	12.55316	1	0.35	5.169847	1	0.35	5.169847
Electric Propulsion																				
Motor Induk 3 Phase	13800	50	3	Δ																
Frequency Converter					2	10000	0.95	10526.32	2	0.88	17884.74	2	1	21052.63	2	0.3	6315.789	2	0.3	6315.789
Main Switch Board																				
Auxiliary Engine Service																				
Electric motor ratings for engine luring device	300	50	3	Δ	4	7.5	0.55	7.894737	1	0.2	1.578947	1	0.2	1.578947	1	0.2	1.578947	1	0.2	1.578947
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	300	50	3	Δ	2	15	0.55	15.78947	1	0.55	10.26316	1	0.55	10.26316	1	0.2	3.157895	1	0.2	3.157895
MDO Transfer Pump	300	50	3	Δ	2	0.29	0.55	0.30326	1	0.8	0.244211	1	0.55	0.189421	1	0.55	0.189421	1	0.55	0.189421
LO Separation	300	50	3	Δ	2	2.3	0.55	2.421053	1	0.55	1.578984	1	0.55	1.578984	1	0.55	1.578984	1	0.55	1.578984
LO Standby Pump	300	50	3	Δ	2	43.2	0.55	45.47398	1	0.55	29.55789	1	0.55	29.55789	1	0.55	29.55789	1	0.55	29.55789
SW Cooling Pump	300	50	3	Δ	2	30	0.55	31.57895	1	0.55	26.84211	1	0.55	26.84211	1	0.55	26.84211	1	0.55	26.84211
LT Standby pump	300	50	3	Δ	4	11.00	0.55	11.57895	1	0.55	9.842105	1	0.55	9.842105	1	0.55	9.842105	1	0.55	9.842105
HT Standby pump	300	50	3	Δ	4	14.00	0.55	14.78947	1	0.55	9.842105	1	0.55	9.842105	1	0.55	9.842105	1	0.55	9.842105
Air Compressor	300	50	3	Δ	4	1.70	0.55	1.788474	1	0.55	1.571053	1	0.55	1.571053	1	0.55	1.571053	1	0.55	1.571053


Tabel 4. 2 Tabel Load Calculation (Lanjutan)

Equipment	Instrument				Total Output (CV)	Power (kW)			Sailing			Manover			Cargo handling			At Port		
	Volt (V)	F (Hz)	Φ	ΔV		Input	Total load	LP	Power (kW)	Total load	LP	Power (kW)	Total load	LP	Power (kW)	Total load	LP	Power (kW)		
Refrigerating and Ventilation																				
Accommodation Supply Fan																				
Car Deck	220	50	1	Δ	6	1.5	0.95	1.578947	6	0.8	7.578947	6	0.8	7.578947	6	0.5	4.738842	6	0.8	7.578947
Passenger Deck	220	50	1	Δ	50	1.5	0.95	1.578947	50	0.8	63.15789	50	0.8	63.15789	50	0.5	30.47388	50	0.8	63.15789
Boat Deck	220	50	1	Δ	30	1.5	0.95	1.578947	30	0.8	37.88474	30	0.8	37.88474	30	0.5	23.68421	30	0.8	37.88474
Navigation Deck	220	50	1	Δ	4	1.5	0.95	1.578947	4	0.8	5.05652	4	0.8	5.05652	4	0.5	3.157895	4	0.8	5.05652
E/R Supply Fan	220	50	1	Δ	2	1.5	0.95	1.578947	2	0.8	2.52826	2	0.8	2.52826	2	0.5	1.578947	2	0.8	2.52826
Accommodation/Boat Fan																				
Car Deck	220	50	1	Δ	2	0.80	0.95	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105
Passenger Deck	220	50	1	Δ	2	0.80	0.95	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105
Boat Deck	220	50	1	Δ	2	0.80	0.95	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105
Navigation Deck	220	50	1	Δ	1	0.80	0.95	0.526316	1	0.80	0.421053	1	0.8	0.421053	1	0.5	0.263158	1	0.80	0.421053
E/R Exhaust Fan	220	50	1	Δ	2	0.80	0.95	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105
Deck Machinery																				
Sheering Gear	380	50	3		2	24.6	0.95	25.88474	2	0.8	41.43158	2	0.8	41.43158	2	0.8		2	0.8	41.43158
Cable	380	50	3		2	28.2	0.95	30.7894	2	0.8	49.17895	2	0.8	49.17895	2	0.8		2	0.8	49.17895
Winches	380	50	3		2	41	0.95	43.15789	2	0.8	69.05265	2	0.8	69.05265	2	0.8		2	0.8	69.05265
Provision Crane	380	50	3		2	18.9	0.95	20.94737	2	0.8	33.51579	2	0.8	33.51579	2	0.8		2	0.8	33.51579
Engine Room Ventilation	380	50	3		1	48.5	0.95	51.0056	2	0.8	83.38842	2	0.8	83.38842	2	0.8		2	0.8	83.38842
Accommodation leader winch	380	50	3		1	5	0.95	5.263158	2	0.8	8.421053	2	0.8	8.421053	2	0.8		2	0.8	8.421053
Sub Total Hull Part																				
										Continuous load		244.8		244.8		318.5388421		363.5388421		
										Intermittent load		160.1684211		160.1684211		41.43157895		41.43157895		

Tabel 4. 2 Tabel Load Calculation (Lanjutan)

3. Electrical Part																	
Equipment	Instrument			Total (Qty)	Power (kW)		Sailing			Maneuver			Cargo Handling			At Port	
	Volt (V)	F (Hz)	Ø		ΔV	Output	Eff	Input	Total Load	LF	Power (kW)	Total Load	LF	Power (kW)	Total Load	LF	Power (kW)
										CL	TL		CL	TL		CL	TL
Deck Machinery																	
Car Deck	220	50	1		1	823	100	823	1	0,8	6.5924	1	0,8	6.5924	1	0,8	6.5924
Passenger Deck	220	50	1		1	422	100	422	1	0,8	3.3792	1	0,8	3.3792	1	0,8	3.3792
Boat Deck	220	50	1		1	387	100	387	1	0,8	3.0976	1	0,8	3.0976	1	0,8	3.0976
Navigation Deck	220	50	1		1	347	100	347	1	0,8	2.7776	1	0,8	2.7776	1	0,8	2.7776
Engine Room & Forecastle Deck	220	50	1		1	213	100	213	1	0,8	2.1856	1	0,8	2.1856	1	0,8	2.1856
Main Head Light	220	50	1		2	0,08	100	0,08	2	0,8	0,096	2	0,8	0,096	0	0,8	0,096
Portside Light	220	50	1		1	0,08	100	0,08	1	0,8	0,048	1	0,8	0,048	0	0,8	0,048
Starboard Light	220	50	1		1	0,08	100	0,08	1	0,8	0,048	1	0,8	0,048	0	0,8	0,048
Search Light	220	50	1		1	0,04	100	0,04	1	0,8	0,032	1	0,8	0,032	0	0,8	0,032
Anchor Light	220	50	1		1	0,01	100	0,01	1	0,8	0,0064	1	0,8	0,0064	0	0,8	0,0064
Nautical Communication & Safety																	
VHF Telephone	220	50	1		2	0,025	100	0,03	2	0,8	0,04	2	0,8	0,04	2	0,8	0,04
Intra Communication	220	50	1		4	0,03	100	0,03	4	0,8	0,096	4	0,8	0,096	4	0,8	0,096
MW/HF DSC	220	50	1		2	0,15	100	0,15	2	0,8	0,24	2	0,8	0,24	2	0,8	0,24
Narrow Receiver	220	50	1		1	0,04	100	0,04	1	0,8	0,0288	1	0,8	0,0288	1	0,8	0,0288
Wiper	220	50	1		2	0,10	100	0,10	2	0,8	0,16	2	0,8	0,16	2	0,8	0,16
Gyro Compass	220	50	1		1	0,045	100	0,05	1	0,8	0,036	1	0,8	0,036	1	0,8	0,036
Magnetic Compass	220	50	1		1	0,01	100	0,01	1	0,8	0,0056	1	0,8	0,0056	1	0,8	0,0056

Tabel 4. 2 Tabel Load Calculation (Lanjutan)

No.	ITEM	Sailing	Manover	Cargo handling	At Port	
						Calculation and Specification of Generator and Shore Connection
						
Doc. No						
Rev. No						
Page						
04-42.19.R018 - E1						
1	MACHINERY PART	: Continue load	18042,9	21215,8	133,4	137,7
		: Intermiten load	158,7	158,7	6443,2	6443,2
2	HULL PART	: Continue load	244,80	244,8	318,5	363,5
		: Intermiten load	1601,7	160,2	41,4	41,4
3	ELECTRICAL PART	: Continue load	24,2	24,2	23,9	24,2
		: Intermiten load	0,0	0,0	0,0	0,0
	Total load		18311,89	21464,76	475,88	0,00
4	Power (Q)	: Intermiten load	319	318,83	648,64	648,64
5	Diversity factor (e)	: (0,5-1) x (Q) intermiten	191,30	191,30	5187,71	4539,24
6	Number of load	: (Q) continue + (e)	18903,19	21676,06	5663,59	4539,24
7	Generator work	: kW x 5sec				
8	Working capacity		21090	28120	7030	7030
9	Generator that available	: kW x 5Sec	0	0	0	0
10	Load Factor	: (Q) / (Q _{100%})	87,73	7708	80,6	64,57
11	Shore Connection (Last number of cargo handling)		-	-	6513,13	-

Tabel 4.2. merupakan tabel load calculation pada kapal trimaran yang sedang diteliti penulis. Dari tabel 4.2 dapat diketahui berbagai jenis motor yang digunakan saat kondisi *sailing*, *manuevering*, *cargo handling*, serta *at port*. Dalam tabel juga terdapat spesifikasi motor listrik yang bekerja (daya motor, frekuensi, fasa, tegangan, load factor). Dari perhitungan load calculation kita dapat menyimpulkan kondisi manuevering adalah kondisi dimana membutuhkan daya paling besar pada kapal trimaran ini. Karena memerlukan daya yg besar maka rentan terjadi gangguan seperti *drop voltage* dan *short circuit*. Setelah selesai dengan perhitungan load calculation, kita bisa mengetahui generator yang akan kita gunakan pada pemilihan generator.

Tabel 4. 3 Tabel Pemilihan Generator

Choosing Generator																
No.	Type	Rpm	Kw	Set	Load Factor Generator											
					Sailing		Set	Manuver		Set	Cargo Handling		Set	At Port		Set
1	Wartsila 31DF 6V31	750	4685	6	18503.19	0.79	5	21676.06	0.93	5	5663.59	0.60	1	4539.24	0.48	2
					4685 x 5			4685 x 5			4685 x 2			4685 x 2		
2	Wartsila 31DF 10V31	750	5855	5	18503.19	0.79	4	21676.06	0.93	4	5663.59	0.48	2	4539.24	0.39	2
					5855 x 4			5855 x 4			5855 x 2			5855 x 2		
3	Wartsila 31DF 12V31	750	7030	4	18503.19	0.88	3	21676.06	0.77	4	5663.59	0.81	1	4539.24	0.65	1
					7030 x 3			7030 x 4			7030 x 1			7030 x 1		
4	Wartsila 31DF 14V31	750	8200	4	18503.19	0.75	3	21676.06	0.88	3	5663.59	0.69	1	4539.24	0.55	1
					8200 x 3			8200 x 3			8200 x 1			8200 x 1		
5	Wartsila 31DF 16V31	750	9370	4	18503.19	0.66	3	21676.06	0.77	3	5663.59	0.60	1	4539.24	0.48	1
					9370 x 3			9370 x 3			9370 x 1			9370 x 1		

Dari Tabel 4.3. dapat dipilih generator dengan efisiensi antara 0.65-0.88, jadi dapat dipilih generator no 3 yaitu Wartsila 12V31DF.

4.2.1. Spesifikasi Komponen

Terdapat beberapa komponen beban listrik pada kapal Trimaran, kemudian sumber suplai daya yang digunakan untuk mensuplai kebutuhan listrik di kapal. Berikut merupakan spesifikasi teknis dari generator utama, di kapal Trimaran serta beban kelistrikan lainnya pada kapal yang di tampilkan pada *wiring diagram* di halaman lampiran

Generator

Generator merupakan sebuah peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang memiliki fungsi mensuplai seluruh kebutuhan listrik di kapal serta juga memungkinkan sebagai sumber penggerak motor-motor listrik berkapasitas besar yang berguna untuk *electric propulsion* kapal.

Generator utama, pada Kapal Trimaran generator utama menggunakan dual fuel generator. Terdapat empat buah generator utama yang di sambungkan pada empat bus menuju beban-beban listrik pada kapal. Untuk keadaan tertentu generator utama dapat di paralelkan dengan shaft generator atau generator utama lainnya untuk mensuplai daya pada beban listrik lain pada kapal Trimaran.

Berikut adalah spesifikasi dari Generator utama :

Merek : Wartsila 31DF
 Tipe : ARCB 592
 Daya : 7030 kW
 Frekuensi : 50 Hz
 Putaran : 70 rpm
 Tegangan : 690 Vol

Untuk analisa *drop voltage* dan *short circuit* pada sistem kelistrikan kapal trimaran ini terdapat 3 variasi daya motor listrik . Adapun 3 macam variasi daya tersebut akan ditampilkan dalam tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Variasi pembebanan daya motor listrik

Suplai Daya	Beban Listrik	Variasi Daya		
		1	2	3
4 Generator	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lubricating Oil Pump ✓ Axial Series Water Jets ✓ Motor Hydraulic ✓ Cooling Capacity Hydraulic ✓ Cooling Capacity Lubricating ✓ Motor Induksi 3 Phase ✓ Electric motor ratings for engine turning device ✓ Electric motor ratings for pre-lubricating pump ✓ MDO Transfer Pump ✓ LO Separation ✓ LO Standby Pump ✓ SW Cooling Pump ✓ LT Standby Pump ✓ HT Standby Pump ✓ Air compressor ✓ Transfer Pump FW ✓ Transfer Pump SW ✓ FW Hydrophore Set ✓ SW Hydrophore Set ✓ Oily Water Separator ✓ Oily Bilge Pump ✓ Ballast Pump ✓ Emergency Fire Pump ✓ General Service Pump (BG&FI) ✓ Sewage Pump ✓ Sewage Treatment Plant ✓ Hydraulic MacGregor ✓ Refrigerating and Ventilation ✓ Steering Gear ✓ Capstan ✓ Windlass 	100%	90%	80%

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Provision Crane ✓ E/R Ventilation ✓ Electrical Part ✓ Acc. Leader Winch ✓ Nautical, Communication & Safety 			
--	--	--	--	--

4.3. Perhitungan *Drop Voltage* (Tegangan Jatuh)

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan tegangan jatuh. Perhitungan dilakukan agar mengetahui apakah terjadi tegangan jatuh dan seberapa besar tegangan jatuh yang terjadi pada sistem kelistrikan kapal trimaran ini. Langkah pertama adalah melakukan perhitungan dari beban menuju ke generator. Berikut merupakan contoh perhitungan variasi 1 pada motor Axial series water jets:

Variasi 1:

4 Generator dengan variasi pembebanan daya 100% untuk masing-masing motor listrik.

- Langkah pertama yang dilakukan adalah melakukan perhitungan aliran daya dari beban hingga keatas generator

- 1) Menentukan nilai $\text{Cos } \phi$, yaitu $\text{Cos } \phi = 0,8$
- 2) Mencari Z , Z dapat ditemukan di software etap yaitu $0,45 \Omega/\text{km}$, $x = 20 \text{ m}$ atau $0,009 \Omega/\text{km}$
- 3) Menghitung arus yang mengalir dari beban dengan variasi yang dilakukan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
 100\%P &= V I \text{Cos } \phi \\
 I_1 &= \frac{100\% P}{V \text{Cos } \phi} \\
 &= \frac{18000}{690 \times 0,8} \\
 &= 32,61 \text{ ampere}
 \end{aligned}$$

- 4) Menghitung nilai awal drop yang terjadi dari beban menuju busbar

$$\begin{aligned}
 \Delta V_1 &= Z \cdot I \\
 &= 0,009 \times 32,61 \\
 &= 0,29 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- 5) Menghitung nilai tegangan setelah terjadinya drop dari beban menuju busbar

$$\begin{aligned}
 V_2 &= 690 + \Delta V \\
 &= 690 + 0,29 \\
 &= 690,29 \text{ V}
 \end{aligned}$$

- 6) Menghitung arus yang mengalir dari busbar menuju ke generator

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{(I_{total})}{4} \\ &= \frac{(19081,996)}{4} \\ &= 4770,25 \text{ A} \end{aligned}$$

- 7) Selanjutnya, akan ditemukan total drop yang terjadi

$$\begin{aligned} \Delta V_g &= Z \cdot I \\ &= 0,009 \times 4770,25 \\ &= 42,93 \text{ A} \end{aligned}$$

- 8) Menjumlahkan nilai tegangan V_2 dengan nilai drop total terakhir.

$$\begin{aligned} V_g &= V_2 + \Delta V_g \\ &= 690,29 + 42,93 \\ &= 733,23 \text{ A} \end{aligned}$$

- 9) Menghitung daya yang digunakan

$$\begin{aligned} P_g &= V_g \times I_g \times \cos \phi \\ &= 733,23 \times 4770,25 \times 0,8 \\ &= 2.797.202,15 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Langkah berikutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan ulang aliran daya dari generator menuju ke beban, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} 1) \quad P &= V I \cos \phi \\ I &= \frac{2.797.202,15}{690 \times 0,8} \\ &= \frac{2.797.202,15}{552} \\ &= 5067,4 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \Delta V &= Z \cdot I \\ &= 0,009 \times 5067,4 \\ &= 45,61 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad V_{2\text{baru}} &= V - \Delta V \\ &= 690 - 45,61 \\ &= 644,39 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4) \quad I_{II} &= \frac{P_{awal}}{P_{total}} \times I_{total} \\ &= \frac{18000}{10532710} \times (20.269,6) \\ &= 34,64 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 5) \quad \Delta V_{I} &= Z \cdot I_{II} \\ &= 0,009 \times 34,64 \\ &= 0,3117 \text{ V} \end{aligned}$$

- 6) $V_{m1} = V_{2baru} - \Delta V_1$
 $= 644,39 - 0,3117$
 $= 644,082 \text{ V}$
- 7) $P_{m1} = V_{m1} \times I_1 \times \cos \phi$
 $= 644,082 \times 34,64 \times 0,8$
 $= 17848,8 \text{ watt}$

4.3.1. Rangkuman Prosentase Tegangan Jatuh

Dalam perhitungan akan didapatkan hasil akhir berupa besar tegangan jatuh (*drop voltage*) yang kemudian akan dikonversikan dalam bentuk prosentase untuk memudahkan proses analisa dan dikarenakan standar yang digunakan juga dalam bentuk prosentase.

Tabel 4. 5 . Hasil nilai drop voltage pada setiap variasi konfigurasi

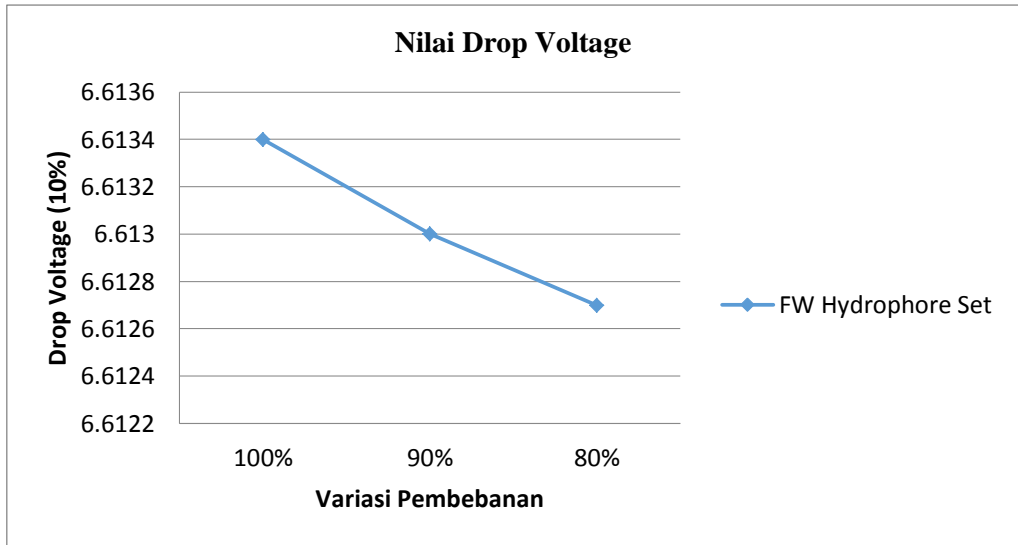
No	Daya	Nilai Drop Voltage > Standart Iec (5%)		
		100%	90%	80%
1	Lubricating Oil Pump	6,617	6,616	6,616
2	Axial Series Water Jets	6,655	6,650	6,646
3	Motor Hydraulic	6,637	6,634	6,632
4	Cooling Capacity Hydraulic	6,671	6,665	6,659
5	Cooling Capacity Lubricating	6,645	6,641	6,638
6	Electric Propulsion	31,711	29,201	26,691
7	Electric motor ratings for engine turning device	6,628	6,627	6,625
8	Electric motor ratings for pre-lubricating pump	6,647	6,644	6,640
9	MDO Transfer Pump	6,610	6,610	6,610
10	LO Separation	6,615	6,615	6,614
11	LO Standby Pump	6,718	6,707	6,696
12	SW Cooling Pump	6,685	6,677	6,670
13	LT Standby Pump	6,637	6,634	6,632
14	HT Standby Pump	6,637	6,634	6,632
15	Air compressor	6,614	6,613	6,613
16	Transfer Pump FW	6,612	6,611	6,611
17	Transfer Pump SW	6,612	6,611	6,611
18	FW Hydrophore Set	6,613	6,613	6,613
19	SW Hydrophore Set	6,613	6,613	6,613

No	Daya	Nilai Drop Voltage > Standart Iec (5%)		
		100%	90%	80%
20	Oily Water Separator	6,617	6,616	6,616
21	Oily Bilge Pump	6,614	6,614	6,613
22	Ballast Pump	6,621	6,620	6,619
23	Emergency Fire Pump	6,685	6,677	6,670
24	General Service Pump (BG&FI)	6,798	6,779	6,760
25	Sewage Pump	6,614	6,613	6,613
26	Sewage Treatment Plant	6,635	6,632	6,630
27	Hydraulic MacGregor	6,615	6,615	6,614
28	Refrigerating and Ventilation	6,635	6,632	6,630
29	Steering Gear	6,671	6,665	6,659
30	Capstan	6,683	6,676	6,668
31	Windlass	6,713	6,702	6,692
32	Provision Crane	6,660	6,655	6,650
33	E/R Ventilation	6,734	6,721	6,709
34	Acc. Leader Winch	6,617	6,616	6,616
35	Electrical Part	6,667	6,661	6,655
36	Nautical, Communication & Safety	6,628	6,626	6,625

Dari tabel 4.5. dapat dilihat perubahan prosentase terjadinya tegangan jatuh (*drop voltage*) akibat adanya variasi pembebanan daya. Namun, tidak dari prosentase tidak terlihat perbedaan yang signifikan.

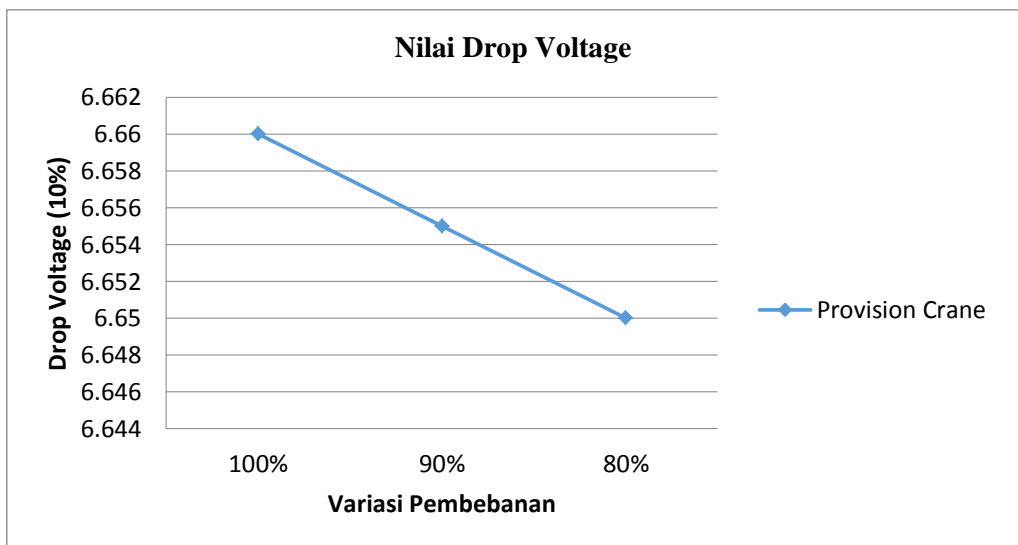
4.4. Analisa Hasil Nilai Tegangan Jatuh (*Drop Voltage*)

Dari hasil rangkuman prosentase tegangan jatuh di beberapa variasi pada tabel 4.2. dapat disimpulkan juga dengan grafik perbandingan nilai tegangan jatuh antar variasi seperti dibawah ini :



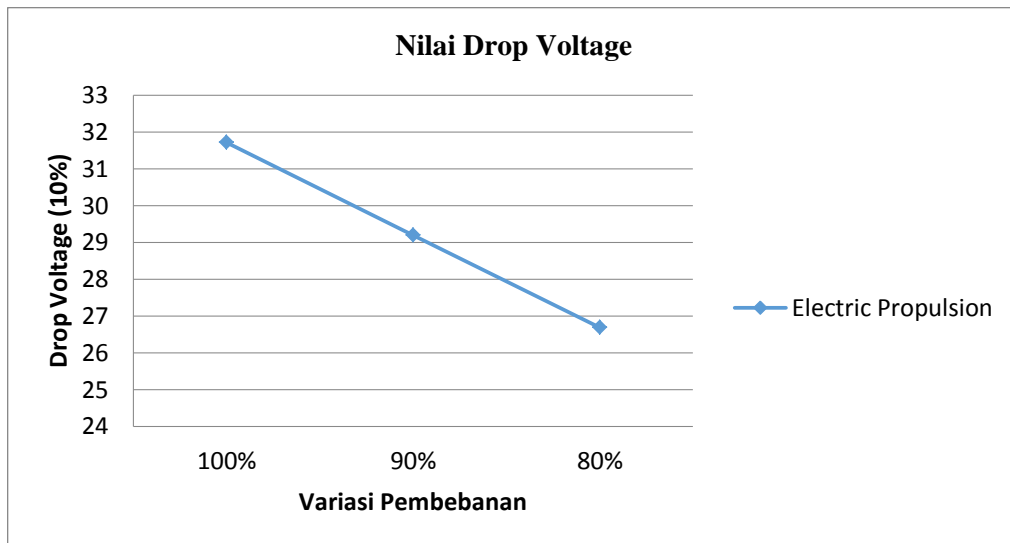
Gambar 4. 2 Grafik Nilai Drop Voltage Pada Motor FW Hydrophore Set

Dari grafik yang dihasilkan pada motor FW Hydrophore Set yang ditampilkan pada grafik 4.2, dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin kecil pula tegangan jatuh (*drop voltage*) yang dihasilkan. Pada variasi 1 (100%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor FW Hydrophore Set 6.6134%. Untuk pada variasi 2 (90%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor FW Hydrophore Set 6.6130% sedangkan untuk variasi 3 (80%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor FW Hydrophore Set 6.6127%. Setelah dilakukan perhitungan dengan variasi tersebut tidak memenuhi standart IEC yaitu diatas 5%.



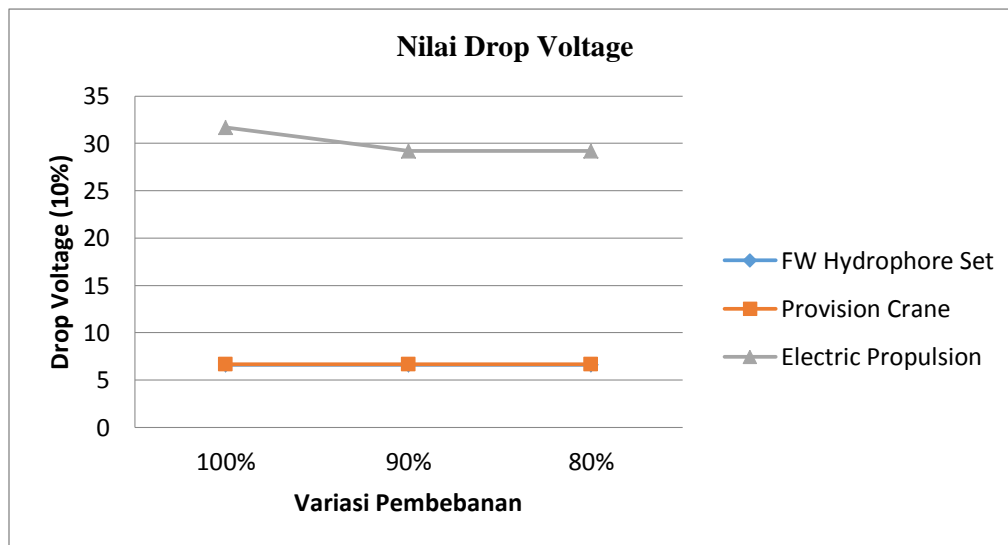
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Drop Voltage Pada Motor Provision Crane

Dari grafik yang dihasilkan pada motor Provision crane yang ditampilkan pada grafik 4.3, dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin kecil pula tegangan jatuh (*drop voltage*) yang dihasilkan. Pada variasi 1 (100%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor Provision crane 6.66%. Untuk pada variasi 2 (90%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor Provision crane 6.655% sedangkan untuk variasi 3 (80%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor Provision crane 6.65%. Setelah dilakukan perhitungan dengan variasi tersebut tidak memenuhi standart IEC yaitu diatas 5%.



Gambar 4. 4 Grafik Nilai Drop Voltage Pada Motor Electric Propulsion

Dari grafik yang dihasilkan pada motor Electrical Propulsion yang ditampilkan pada grafik 4.4, dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin kecil pula tegangan jatuh (*drop voltage*) yang dihasilkan. Pada variasi 1 (100%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor Electrical Propulsion 31.71%. Untuk pada variasi 2 (90%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor Electrical Propulsion 29.20% sedangkan untuk variasi 3 (80%) nilai tegangan jatuh yang dihasilkan pada motor Electrical Propulsion 26.69%. Setelah dilakukan perhitungan dengan variasi tersebut tidak memenuhi standart IEC yaitu diatas 5%.



Gambar 4. 5 Grafik Nilai Drop Voltage Pada 3 Motor

Dari grafik yang dihasilkan pada 3 variasi pada 3 motor yang ditampilkan pada grafik 4.5 dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin kecil pula tegangan jatuh (*drop voltage*) yang dihasilkan.

Nilai arus yang dihasilkan pada setiap variasi mengalami perubahan yang sama pada setiap variasi. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan jatuh berbanding lurus dengan nilai variasi pada tiap-tiap pembebanan daya.. Pada tiap variasi setelah dilakukan perhitungan dengan hasil ketiga variasi tersebut tidak memenuhi standart IEC.

4.5. Perbaikan *Drop Voltage* (Tegangan Jatuh)

Secara teori nilai tegangan jatuh tidak dapat dihilangkan, tetapi prosentasenya bisa diminimalkan. Perbaikan *drop voltage* dapat dilakukan dengan memberikan beban (kapasitor). Perbaikan dengan kapasitor yaitu memberikan beban kapasif (kapasitor) pada rangkaian sebelum beban, hal ini bertujuan untuk mengurangi nilai arus yang meningkat dan juga menaikkan faktor daya sehingga tegangan yang diterima di sisi beban meningkat. Sebelum melakukan pemasangan kapasitor, dilakukan perhitungan kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki nilai faktor daya dan menurunkan nilai arus.

Berikut merupakan contoh perhitungan kapasitas kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki nilai factor daya dan menurunkan nilai arus dalam operasi beban saat kondisi *manuevering* pada variasi (beban 100%) :

Diketahui :

P : 18000 watt

Cos ϕ : 0,8

Cos ϕ diinginkan : 0,91

- Sehingga :
Cos $\phi = 0.8$ (36.86°)
Cos ϕ ideal = 0.91 (24.49°)

$$\begin{aligned} Q_{kompensasi} &= P (\tan \phi - \tan \phi \text{ ideal}) \\ &= 18000 \times (\tan 36.86^\circ - 24.49^\circ) \\ &= 18000 \times (0.75 - 0.455) \\ &= 5298.96 \text{ VAR} \end{aligned}$$

- Mencari nilai reaktansi kapasitif dari kapasitor dengan menggunakan rumus:

$$X = \frac{V_{line}^2}{Q}$$

Penyelesaian:

$$X = \frac{644.08^2}{5298.96}$$

$$= 78.28 \Omega$$

- Menghitung nilai kapasitansi kapasitor yang dibutuhkan untuk memperbaiki tegangan jatuh, dengan rumus:

$$C = \frac{Qc}{2 \pi f V_{line}^2}$$

$$= \frac{5298.96}{2 \times 3,14 \times 50 \times 644.08^2}$$

$$= 4,07 \times 10^{-5} \text{ F}$$

Dari hasil perhitungan kebutuhan kapasitor dilakukan pada variasi 1, variasi 2, dan variasi didapatkan nilai terbesar kapasitansi kapasitor adalah $4,22 \times 10^{-2}$ F atau 42,2 mF (42200 μ F), maka akan dipilih kapasitor dengan besar kapasitas 50 mF.

Setelah perhitungan besar kapasitas kapasitor dilakukan dan ditambahkan kapasitor pada rangkaian listrik yang mengalami tegangan jatuh untuk menaikkan nilai factor daya dan memperbaiki kualitas tegangannya. Kemudian dilakukan perhitungan kembali untuk mengetahui bagaimana pengaruh dari penambahan kapasitor untuk pengurangan drop tegangan yang terjadi .

Berikut merupakan contoh perhitungan drop voltage setelah dilakukan penambahan kapasitor pada motor Axial Series Water jet:

- Mencari nilai Qc setelah ditambahkan kapasitor

$$Qc = C \times 2 \times \pi \times f \times V_{line}^2$$

$$= 4,07 \times 10^{-5} \times 2 \times 3.14 \times 50 \times 644.08^2$$

$$= 8.23$$

- Mencari nilai reaktansi kapasif

$$X = \frac{V_{line}^2}{Q}$$

$$= \frac{644.08^2}{4,07 \times 10^{-5}}$$

$$= 78.28 \Omega$$

- Menghitung nilai penambahan tegangan setelah penambahan kapasitor.

$$V_{line} = \sqrt{X Q}$$

$$= \sqrt{78.28 \times 8.23}$$

$$= 25.38 \text{ V}$$

- Total tegangan setelah penambahan kapasitor:

$$V_{line \text{ baru}} = 644.08 + 25.38$$

$$= 669.46 \text{ V}$$

4.5.1. Ringkuman Prosentase Tegangan Jatuh Setelah Perbaikan

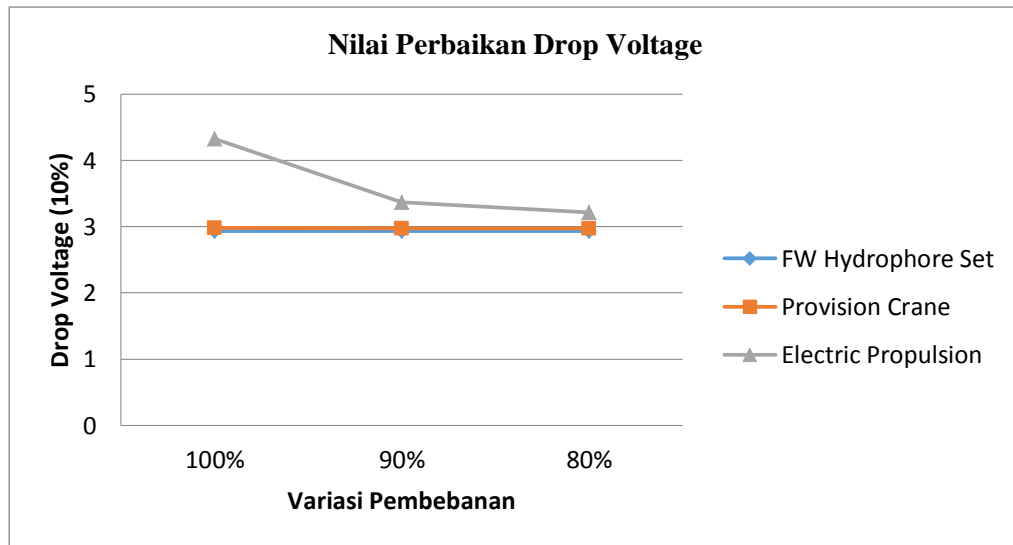
Dalam perhitungan perbaikan akan didapatkan hasil akhir berupa besar tegangan jatuh (*drop voltage*) yang kemudian akan dikonversikan dalam bentuk prosentase untuk memudahkan proses analisa dan dikarenakan standar yang digunakan juga dalam bentuk prosentase.

Tabel 4. 6 . Hasil Nilai Perbaikan Drop Voltage Pada Setiap Variasi

No	Daya	Nilai Drop Voltage > Standart Iec (5%)		
		100%	90%	80%
1	Lubricating Oil Pump	2.9384	2.9376	6,616
2	Axial Series Water Jets	2.9767	2.9721	6,646
3	Motor Hydraulic	2.9588	2.9560	6,632
4	Cooling Capacity Hydraulic	2.9936	2.9873	6,659
5	Cooling Capacity Lubricating	2.9666	2.9630	6,638
6	Electric Propulsion	1.0924	2.2657	26,691
7	Electric motor ratings for engine turning device	2.9499	2.9480	6,625
8	Electric motor ratings for pre-lubricating pump	2.9691	2.9652	6,640
9	MDO Transfer Pump	2.9314	2.9313	6,610
10	LO Separation	2.9366	2.9360	2.9368

No	Daya	Nilai Drop Voltage > Standart Iec (5%)		
		100%	90%	80%
11	LO Standby Pump	3.0412	3.0302	2.9675
12	SW Cooling Pump	3.0075	2.9998	2.9532
13	LT Standby Pump	2.9588	2.9560	2.9810
14	HT Standby Pump	2.9588	2.9560	2.9594
15	Air compressor	2.9350	2.9346	3.3740
16	Transfer Pump FW	2.9326	2.9324	2.9460
17	Transfer Pump SW	2.9326	2.9324	2.9614
18	FW Hydrophore Set	2.9345	2.9341	2.9313
19	SW Hydrophore Set	2.9345	2.9341	2.9354
20	Oily Water Separator	2.9384	2.9376	3.0191
21	Oily Bilge Pump	2.9353	2.9348	2.9921
22	Ballast Pump	2.9422	2.9410	2.9532
23	Emergency Fire Pump	3.0075	2.9998	2.9532
24	General Service Pump (BG&FI)	3.1226	3.1034	2.9342
25	Sewage Pump	2.9347	2.9343	2.9322
26	Sewage Treatment Plant	2.9563	2.9537	2.9322
27	Hydraulic MacGregor	2.9366	2.9360	2.9337
28	Refrigerating and Ventilation	2.9563	2.9537	2.9337
29	Steering Gear	2.9936	2.9873	2.9368
30	Capstan	3.0054	2.9979	2.9344
31	Windlass	3.0356	3.0251	2.9399
32	Provision Crane	2.9816	2.9765	2.9921
33	E/R Ventilation	3.0574	3.0447	3.0843
34	Acc. Leader Winch	2.9384	2.9376	2.9339
35	Electrical Part	2.9891	2.9832	2.9512
36	Nautical, Communication & Safety	2.9496	2.9477	2.9354

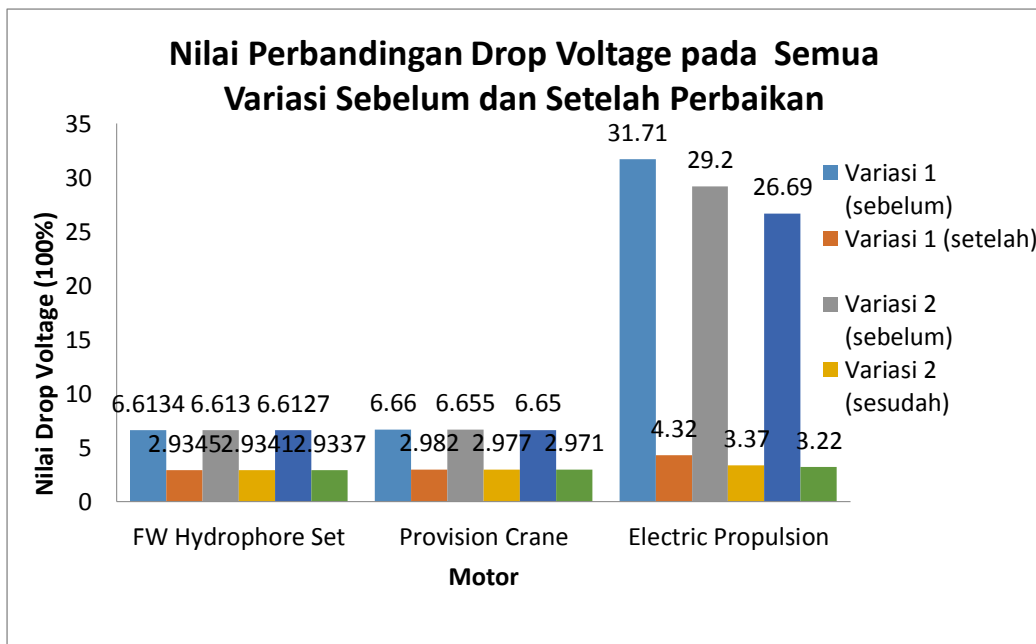
Dari tabel 4.6. dapat dilihat perubahan prosentase terjadinya tegangan jatuh (*drop voltage*) akibat penambahan kapasitor. Dari tabel 4.6. terjadi penerunan *drop voltage* yang terjadi dan telah sesuai standar IEC yaitu menjadi dibawah standar 5%. Namun, dari prosentase tidak terlihat perbedaan yang signifikan.



Gambar 4. 6 Grafik Perbaikan Nilai Drop Voltage

Dari grafik yang dihasilkan pada 3 variasi pada 3 motor yang ditampilkan pada grafik 4.6 dapat dilihat bahwa dari hasil perbaikan dengan penambahan kapasitor semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin kecil pula tegangan jatuh (*drop voltage*) yang dihasilkan.

Nilai arus yang dihasilkan pada setiap variasi mengalami perubahan yang sama pada setiap variasi. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan jatuh berbanding lurus dengan nilai variasi pada tiap-tiap pembebanan daya.. Pada tiap variasi setelah dilakukan penambahan kapasitor maka nilai tegangan jatuh telah dengan memenuhi standart IEC.



Gambar 4. 7 Nilai Perbandingan Drop Voltage pada Semua Variasi Sebelum dan Setelah Perbaikan

Dari grafik yang dihasilkan pada 3 variasi pada 3 motor yang ditampilkan pada grafik 4.7 dapat dilihat bahwa nilai perbandingan drop voltage pada semua variasi sebelum dan setelah perbaikan dengan penambahan kapasitor semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin kecil pula tegangan jatuh (*drop voltage*) yang dihasilkan.

Dari grafik 4.7 pada motor provision crane di variasi 1(100%) sebelum ditambahkan kapasitor motor mengalami drop voltage 6,66%. Setelah dilakukan perbaikan dengan penambahan kapasitor terjadi penurunan drop voltage hingga 2.982%. Jadi dapat disimpulkan bahwa nilai tegangan jatuh setelah dilakukan perbaikan telah memenuhi standart IEC.

4.6. Perhitungan *Short Circuit* (Hubung Singkat)

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan hubung singkat. Perhitungan dilakukan agar mengetahui apakah terjadi hubung singkat dan seberapa besar short circuit yang terjadi pada sistem kelistrikan kapal trimaran ini. Berikut merupakan contoh perhitungan variasi 1 pada motor Axial series water jets:

Berikut adalah hasil short circuit dengan 3 variasi yang digunakan :

Variasi 1:

4 Generator dengan variasi pembebanan daya 100% untuk masing-masing motor listrik. Langkah yang dilakukan untuk perhitungan short circuit adalah sebagai berikut:

- 1) Mencari nilai impedansi yang didapatkan di etap library

$$R = 0.434$$

$$X = 0,248$$

$$Z = 0,445$$

- 2) Menentukan besar short circuit yang terjadi

$$I''k_3 = \frac{c Un}{\sqrt{3} x Zsc}$$

dengan

c = konstanta (1,1 untuk 10% toleransi)

$I''k_3$ = nilai short circuit

Un = nilai tegangan

Zsc = nilai R

Jadi,

$$\begin{aligned} I''k_3 &= \frac{c Un}{\sqrt{3} x Zsc} \\ I''k_3 &= \frac{1.1 x 644.08}{\sqrt{3} x 0.445} \\ &= 919.206 \text{ A} \\ &= 0.92 \text{ kA} \end{aligned}$$

Nilai c sebesar 1,1 didapatkan dari tabel *voltage factor* IEC 60909 . Dalam tabel *voltage factor* IEC 60909 (tabel 8), untuk tegangan rendah, nilai c bernilai sebesar 1,1 untuk toleransi 10%. Nilai c sebesar 1,1 ini merupakan c_{max} digunakan untuk menghitung nilai arus hubung singkat tiga fasa. Perhitungan pada perhitungan selanjutnya juga menggunakan nilai c sebesar 1,1.

Tabel 4. 7 Faktor tegangan yang digunakan sebagai standar perhitungan IEC 60909

Nominal system voltage U_n	Voltage factor c for calculation of	
	Maximal short-circuit current, c_{max}	Minimal short-circuit current, c_{min}
LV: 100 V up to 1000 V (inclusive) (IEC 60038, Table 1)		
Voltage tolerance +6%	1.05	0.95
Voltage tolerance +10%	1.10	0.95

4.6.1. Rangkuman Prosentase *Short Circuit* (Hubung Singkat)

Dalam perhitungan akan didapatkan hasil akhir berupa besar hubung singkat (*short circuit*) yang terjadi dalam peralatan listrik dalam satuan ampere.

Tabel 4. 8 Hasil nilai short circuit pada setiap variasi konfigurasi

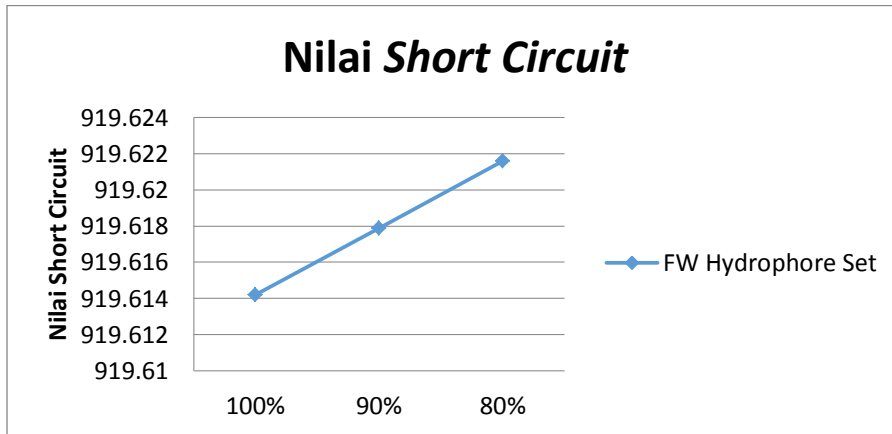
No	Daya	Nilai Short Circuit > 9000 A		
		100%	90%	80%
1	Lubricating Oil Pump	919.5771	919.5845	919.5919

No	Daya	Nilai Short Circuit > 9000 A		
		100%	90%	80%
2	Axial Series Water Jets	919.2063	919.2508	919.2953
3	Motor Hydraulic	919.3793	919.4065	919.4337
4	Cooling Capacity Hydraulic	919.0437	919.1044	919.1652
5	Cooling Capacity Lubricating	919.3044	919.3391	919.3738
6	Electric Propulsion	672.4679	697.1862	721.9046
7	Electric motor ratings for engine turning device	919.4658	919.4844	919.5029
8	Electric motor ratings for pre-lubricating pump	919.2805	919.3175	919.3546
9	MDO Transfer Pump	919.6441	919.6448	919.6455
10	LO Separation	919.5944	919.6001	919.6058
11	LO Standby Pump	918.5834	918.6902	918.797
12	SW Cooling Pump	918.9097	918.9838	919.058
13	LT Standby Pump	919.3793	919.4065	919.4337
14	HT Standby Pump	919.3793	919.4065	919.4337
15	Air compressor	919.6092	919.6134	919.6176
16	Transfer Pump FW	919.6327	919.6346	919.6364
17	Transfer Pump SW	919.6327	919.6346	919.6364
18	FW Hydrophore Set	919.6142	919.6179	919.6216
19	SW Hydrophore Set	919.6142	919.6179	919.6216
20	Oily Water Separator	919.5771	919.5845	919.5919
21	Oily Bilge Pump	919.6067	919.6112	919.6156
22	Ballast Pump	919.5400	919.5511	919.5623
23	Emergency Fire Pump	918.9097	918.9838	919.058
24	General Service Pump (BG&FI)	917.7974	917.9827	918.1681
25	Sewage Pump	919.6122	919.6161	919.62
26	Sewage Treatment Plant	919.4041	919.4288	919.4535
27	Hydraulic MacGregor	919.5944	919.6001	919.6058
28	Refrigerating and Ventilation	919.4041	919.4288	919.4535
29	Steering Gear	919.0432	919.104	919.1648
30	Capstan	918.9295	919.0016	919.0738
31	Windlass	918.6378	918.7391	918.8405
32	Provision Crane	919.1593	919.2085	919.2577
33	E/R Ventilation	918.4277	918.55	918.6724
34	Acc. Leader Winch	919.5771	919.5845	919.5919

No	Daya	Nilai Short Circuit > 9000 A		
		100%	90%	80%
35	Electrical Part	919.0872	919.1436	919.2
36	Nautical, Communication & Safety	919.4681	919.4864	919.5047

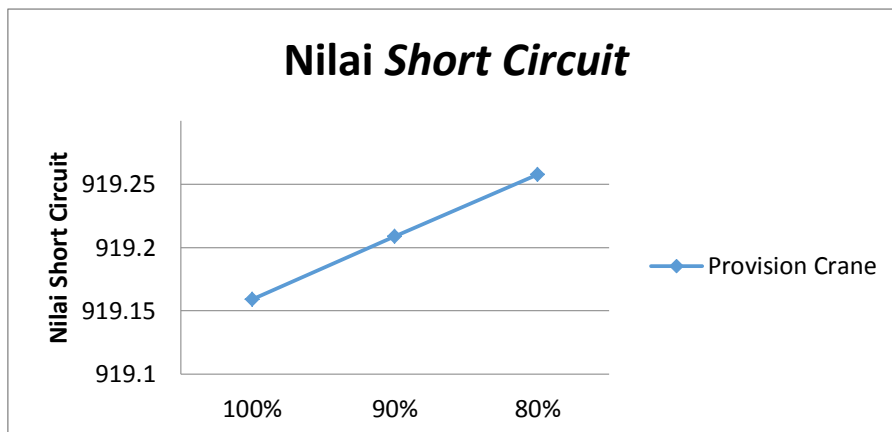
4.7. Analisa Hasil Nilai *Short Circuit* (Hubung Singkat)

Dari hasil rangkuman prosentase hubung singkat di beberapa variasi pada tabel 4.14. dapat disimpulkan juga dengan grafik perbandingan nilai hubung singkat antar variasi seperti dibawah ini :



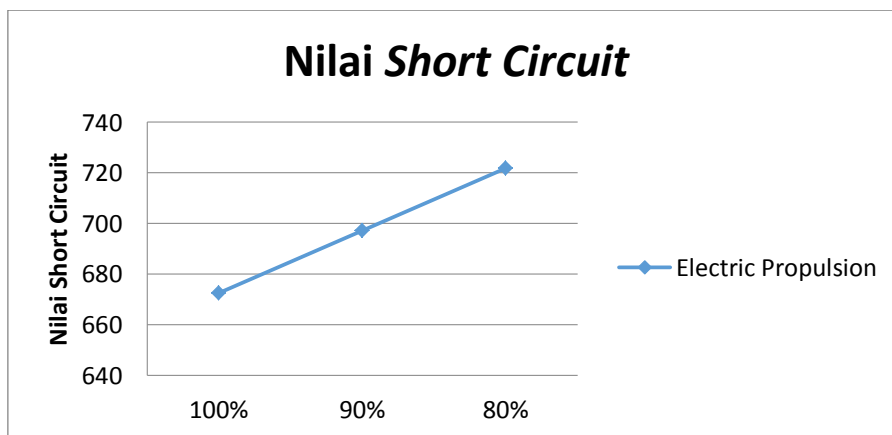
Gambar 4. 8 Grafik Nilai Short Circuit Pada Motor FW Hydrophore Set

Dari grafik yang dihasilkan pada 3 variasi yang ditampilkan pada grafik 4.6, dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin besar pula nilai hubung singkat (*short circuit*) yang dihasilkan. Pada variasi 1 (100%) nilai hubung singkat yang dihasilkan pada motor FW Hydrophore Set 919,6142 ampere. Untuk pada variasi 2 (90%) nilai hubung singkat yang dihasilkan pada motor FW Hydrophore Set 919,6179 ampere, sedangkan untuk variasi 3 (80%) nilai hubung singkat yang dihasilkan pada motor FW Hydrophore Set 919,6216 ampere. Dari hasil tersebut dapat diketahui jika short circuit yang terjadi masih sesuai dengan standar yaitu dibawah 9000A .



Gambar 4. 9 Grafik Nilai Short Circuit Pada Motor Provision Crane

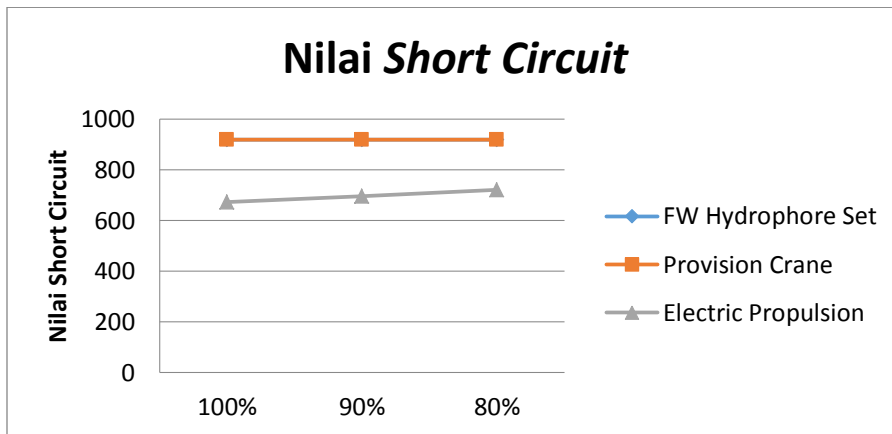
Dari grafik yang dihasilkan pada 3 variasi yang ditampilkan pada grafik 4.7, dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin besar pula nilai hubung singkat (*short circuit*) yang dihasilkan. Pada beban Provision crane di variasi 1 (100%) nilai hubung singkat yang dihasilkan 919,159 ampere. Untuk pada variasi 2 (90%) nilai hubung singkat yang dihasilkan 919,209 ampere, sedangkan untuk variasi 3 (80%) nilai hubung singkat yang dihasilkan 919,258 ampere. Dari hasil tersebut dapat diketahui jika short circuit yang terjadi masih sesuai dengan standar yaitu dibawah 9000A .



Gambar 4. 10 Grafik Nilai Short Circuit Pada Motor Electric Propulsion

Dari grafik yang dihasilkan pada 3 variasi yang ditampilkan pada grafik 4.8, dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin besar pula nilai hubung singkat (*short circuit*) yang dihasilkan. Pada beban Electrical Propulsion di variasi 1 (100%) nilai hubung singkat yang dihasilkan 672,47 ampere. Untuk pada variasi 2 (90%) nilai hubung singkat yang dihasilkan 697,19 ampere, sedangkan untuk variasi 3 (80%) nilai hubung

singkat yang dihasilkan 721,90 ampere. Dari hasil tersebut dapat diketahui jika short circuit yang terjadi masih sesuai dengan standar yaitu dibawah 9000A .



Gambar 4. 11 Grafik Nilai Short Circuit Pada 3 Motor

Dari grafik yang dihasilkan pada 3 variasi yang ditampilkan pada grafik 4.3, dapat dilihat bahwa semakin kecil penggunaan daya pada beban atau semakin kecil nilai variasi pembebanan, maka semakin besar pula nilai hubung singkat (*short circuit*) yang dihasilkan.

Nilai arus yang dihasilkan pada setiap variasi mengalami perubahan yang sama pada setiap variasi. Dari grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai hubung singkat berbanding terbalik dengan nilai variasi pada tiap-tiap pembebanan daya.. Pada tiap variasi setelah dilakukan perhitungan dengan hasil ketiga variasi tersebut memenuhi standar begitu juga pada motor yang lain.

BAB V.

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa *drop voltage* (tegangan jatuh) dan *short circuit* (hubung singkat), maka penulis dapat mengambil kesimpulan dari analisa *Drop Voltage* dan *Circuit* pada kapal trimaran adalah sebagai berikut :

1. Dari tiga variasi beban yang diteliti terjadi *drop voltage* yang tidak sesuai standar IEC, pada tiap variasi mengalami *drop voltage* (tegangan jatuh) yang melebihi standar yaitu diatas 5%, pada motor provision crane di variasi 1 (100%) terjadi *drop voltage* sebesar 6.66%, di variasi 2 (90%) terjadi *drop voltage* sebesar 6,655% dan pada variasi 3 (80%) terjadi *drop voltage* sebesar 6,65%. Hal ini dikarenakan adanya beban berlebih yang melampaui kemampuan komponen.
2. Berdasarkan penelitian dari tiga variasi beban yang dilakukan dapat diketahui jika short circuit yang terjadi tidak melewati standard yaitu melebihi 9000 A pada motor provision crane di variasi 1 (100%) terjadi *short circuit* sebesar 919,159 A di variasi 2 (90%) terjadi *short circuit* sebesar 919,209A dan pada variasi 3 (80%) terjadi *short circuit* sebesar 919,258A.
3. Untuk memperbaiki drop voltage yang tidak sesuai dengan standar dapat dilakukan penambahkan kapasitor pada busbar menuju beban. Pada penelitian ini kapasitor yang ditambahkan yaitu 50 mF. Sedangkan tidak dilakukan penambahan circuit breaker kare short circuit yang terjadi telah sesuai standar. Setelah dilakukan penambahan kapasitor nilai drop voltage menjadi turun dan sesuai standar IEC ini terlihat pada motor provision crane di variasi 1 (100%) terjadi *drop voltage* sebesar 2.982%, di variasi 2 (90%) terjadi *drop voltage* sebesar 2,976% dan pada variasi 3 (80%) terjadi *drop voltage* sebesar 2,9714%.

5.2. Saran

Dalam pengerjaan penelitian analisa *drop voltage* dan *short circuit* pada kapal trimaran ini penulis menghadapi beberapa kendala yang menjadi hambatan dalam penyelesaian penelitian ini. Maka dari itu berikut merupakan saran – saran yang perlu dipertimbangkan apabila ingin mengembangkan penelitian ini agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal.

1. Melakukan upaya perbaikan *drop voltage* dan *short circuit* dengan metode lain.
2. Melakukan analisis lebih lanjut dalam pemilihan perbaikan baik dari aspek teknis maupun ekonomisnya.
3. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat menggunakan metode simulasi (etab, matlab) untuk hasil yang lebih akurat.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, H., 2011. Perbaikan Jatuh Tegangan dan Rekonfigurasi Beban pada Panel Utama Prambanan 5.
- Esen, Vedat, Bulent Oral Oral, dan Tahir Cetin Akinci. "The Determination of Short Circuits and Grounding Faults in Electric Power Systems Using Time-Frequency Analysis." *Journal of Energy in Southern Africa* 26, no. 2 (13 April 2017): 123. <https://doi.org/10.17159/2413-3051/2015/v26i2a2206>.
- IEC 60909-0 "Short-circuit currents in three-phase a.c. systems - Part O: Calculation of currents" 2001
- Kasikci, I., 2002a. Analysis and Design of Low Voltage Power Systems An Engineers Field Guide.
- Kasikci, I., 2002b. Short Circuits in Power Systems. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, FRG. <https://doi.org/10.1002/3527600469>
- Metz-Noblat, B De, F Dumas, dan G Thomasset. "Calculation of Short-Circuit Currents," t.t., 36.
- Hans Klein Would & Douwe Staperma, 2003, Design Of Propulsion and Electrical Power Generation systems, The Institut of Marine Engineering, Science and Technology, England
- Radhin D. Yulisetiawan., Eddy S. Koenhardono., and Sardono Sarwito., 2016, Effect Analysis of Unbalanced Electric Load in Ship at Three Phase Synchronous Generator on Laboratory Sca
- Saputra, Very Bagus. "Analisis Gangguan Hubung Singkat Pada Sistem Tenaga Listrik Di Kso Pertamina Ep – Geo Cepu Indonesia Distrik 1 Kawangan Menggunakan Software Etap 12.6." Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, 14 April 2016.
- Sardono. Sarwito., Eddy. Setyo. Koenhardono., Kirana. Putri. Taradipa Martha., December 2018, Analysis of Transient Response and Harmonic Disturbances on the Tanker's Electrical System Based on Simulation
- Sarwito, Sardono, and Semin Semin. 2017." Analysis of Three Phases Asynchronous Slip Ring Motor Performance Feedback Type 243". *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research* Vol 2, No 1.

S. Sarwito, "Analysis of Electric Propulsion Performance on Submersible with Motor DC, Supply Power 10260 AH at Voltage 115 VDC," *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 2017.

S. Sarwito, "Analysis of Unbalanced Load Effect of Three Phase Transformer Feedback 61-103 Performance in the Various Connection Windings," *International Journal of Marine Engineering Innovation and Research*, 2017

VOLUME IV RULES FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS 2016 EDITION. Biro Klasifikasi Indonesia Rules. Jakarta

Wahyudianto, M.F., Sarwito, S., Kurniawan, A., 2016. Analisa Tegangan Jatuh pada Sistem Distribusi Listrik di Kapal Penumpang dengan Menggunakan Metode Simulasi. Fak. Teknol. Kelaut. Inst. Teknol. Sepuluh Nop. 5, 5.

Wahyudy, F.R., Sarwito, S., Kurniawan, A., 2016. Analisis Arus Starting Transformator Pada Pengoperasian Container Crane di Pelabuhan.docx.

Bo, C. et al., 2017. A new Type of Anti-heave Semi-submersible Drilling Platform.

LAMPIRAN

1. LOAD CALCULATION

1. Machinery Part	Instrument				Total				Sizing				Manover				Cargo Handling				At Port	
	Equipment	Volt (V)	Freq (Hz)	Ø (mm)	Δ (V)	(Cm)	Output	Eff	Input	Total Load	UF	Power (kW)	Total Load	UF	Power (kW)	Total Load	UF	Power (kW)	Total Load	UF	Power (kW)	
System Waterjet																						
Lubricating oil pump	300	50	3	Δ	1	3	0.95	3.157895	1	0.65	2.053632	1	0.9	2.842105	1	0.35	1.005363	1	0.35	1.005363	1	0.35
Air separator water jets	300	50	3	Δ	1	18	0.95	18.94217	1	0.65	12.31579	1	0.85	16.10526	1	0.35	6.631579	1	0.35	6.631579	1	0.35
Motor Hydraulic	300	50	3	Δ	1	11	0.95	11.57895	1	0.65	7.536316	1	0.85	9.842105	1	0.35	4.053632	1	0.35	4.053632	1	0.35
Cooling capacity hydraulic	300	50	3	Δ	1	24.53	0.95	23.07895	1	0.65	16.61789	1	0.85	21.99263	1	0.35	9.057895	1	0.35	9.057895	1	0.35
Cooling capacity lubricating	300	50	3	Δ	1	14.03	0.95	14.78942	1	0.65	9.599474	1	0.85	12.55316	1	0.35	5.168947	1	0.35	5.168947	1	0.35
Electric Propulsion																						
Motor Induk 3 Phase	13800	50	3	Δ																		
Frequency Converter								Power losses 1.5%														
Main Switch Board								Power losses 0.2%														
Utility Engine Service																						
Electric motor ratings for engine running device	300	50	3	Δ	4	7.5	0.95	7.894737	1	0.2	1.578947	1	0.2	1.578947	1	0.2	1.578947	1	0.2	1.578947	1	0.2
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	300	50	3	Δ	2	15	0.95	15.78947	1	0.65	10.26316	1	0.85	10.26316	1	0.2	3.157895	1	0.2	3.157895	1	0.2
MOD Transfer Pump	300	50	3	Δ	2	0.29	0.95	0.305363	1	0.8	0.244211	1	0.85	0.199421	1	0.85	0.199421	1	0.85	0.199421	1	0.85
LO Separation	300	50	3	Δ	2	2.3	0.95	2.421053	1	0.65	1.57894	1	0.85	1.57894	1	0.65	1.57894	1	0.65	1.57894	1	0.65
LO Sandby Pump	300	50	3	Δ	2	48.2	0.95	45.87895	1	0.65	29.55789	1	0.85	29.55789	1	0.65	29.55789	1	0.65	29.55789	1	0.65
SW Cooling Pump	300	50	3	Δ	2	30	0.95	31.57895	1	0.85	26.84211	1	0.85	26.84211	1	0.85	26.84211	1	0.85	26.84211	1	0.85
LT Sandby pump	300	50	3	Δ	1	11.00	0.95	11.57895	1	0.85	9.842105	1	0.85	9.842105	1	0.85	9.842105	1	0.85	9.842105	1	0.85
HT Sandby pump	300	50	3	Δ	1	11.00	0.95	11.57895	1	0.85	9.842105	1	0.85	9.842105	1	0.85	9.842105	1	0.85	9.842105	1	0.85
Air Compressor	300	50	3	Δ	2	1.70	0.95	1.789474	1	0.85	1.521053	1	0.85	1.521053	1	0.85	1.521053	1	0.85	1.521053	1	0.85

General Service																	
Transfer Pump PW ⁺	300	50	3	Δ	2	0.75	0.95	0.789474	1	0.88	0.671053	1	0.88	0.671053	1	0.88	0.671053
Transfer Pump SW ⁺	300	50	3	Δ	2	0.75	0.95	0.789474	1	0.88	0.671053	1	0.88	0.671053	1	0.88	0.671053
PW Hydrophore Ser ⁺	300	50	3	Δ	1	1.50	0.95	1.578947	1	0.88	1.342105	1	0.88	1.342105	1	0.88	1.342105
SW Hydrophore Ser ⁺	300	50	3	Δ	1	1.5	0.95	1.578947	1	0.88	1.342105	1	0.88	1.342105	1	0.88	1.342105
OW Water Separator	300	50	3	Δ	1	3	0.95	3.157895	1	0.85	2.684211	1	0.85	2.684211	1	0.85	2.684211
OW Beer Pump	300	50	3	Δ	1	1.8	0.95	1.884737	1	0.85	1.610526	1	0.85	1.610526	1	0.85	1.610526
Beer Pump	300	50	3	Δ	2	45	0.95	47.38842	1	0.85	40.26316	1	0.85	40.26316	1	0.85	40.26316
Emergency Fire Pump	300	50	3	Δ	1	30	0.95	31.57895	1	1	31.57895	1	1	31.57895	1	0.85	26.84211
General Service Pump (6887)	300	50	3	Δ	2	75	0.95	78.94737	1	1	78.94737	1	1	78.94737	1	0.85	67.10526
Sewage Pump ⁺	300	50	3	Δ	1	1.58	0.95	1.663158	1	0.5	0.831579	1	0.5	0.831579	1	0.85	1.413884
Sewage Treatment Plant ⁺	300	50	3	Δ	1	10	0.95	10.52632	1	0.5	5.263158	1	0.5	5.263158	1	0.85	8.947368
Cargo Service																	
Hydric (MacCager ⁺)	300	50	3	Δ	4	2.3	0.95	2.421053	1	0.85	2.057895	1	0.85	2.057895	1	0.85	2.057895
Sub Total Machinery Part																	
					Continuous Load				Intermittent Load								
					18042.91421				158.6631579								
					21215.78632				158.6631579								
					133.3984211				6443.203884								
					137.647368				6443.203884								

Equipment	Instrument			Total (Qty)	Power (kW)			Sailing			Manover			Cargo Handling			A/Port			
	Volt (V)	F (Hz)	Ø		Δ/V	Output	Eff	Input	Total Load	LP	Power (kW)	Total Load	LP	Power (kW)	Total Load	LP	Power (kW)	Total Load	LP	Power (kW)
Refrigerating and Ventilation																				
Accommodation Supply Fan																				
Car Deck	220	50	1	Δ	6	1.5	1.578947	6	0.8	7.578947	6	0.8	7.578947	6	0.5	4.758942	6	0.8	7.578947	
Passenger Deck	220	50	1	Δ	50	1.5	1.578947	50	0.8	63.15789	50	0.8	63.15789	50	0.5	39.47368	50	0.8	63.15789	
Boat Deck	220	50	1	Δ	30	1.5	1.578947	30	0.8	37.58474	30	0.8	37.58474	30	0.5	23.68421	30	0.8	37.58474	
Navigation Deck	220	50	1	Δ	4	1.5	1.578947	4	0.8	5.052632	4	0.8	5.052632	4	0.5	3.157895	4	0.8	5.052632	
E/A Supply Fan	220	50	1	Δ	2	1.5	1.578947	2	0.8	2.526316	2	0.8	2.526316	2	0.5	1.578947	2	0.8	2.526316	
Accommodation Exhaust Fan																				
Car Deck	220	50	1	Δ	2	0.80	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105	
Passenger Deck	220	50	1	Δ	2	0.80	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105	
Boat Deck	220	50	1	Δ	2	0.80	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105	
Navigation Deck	220	50	1	Δ	1	0.80	0.526316	1	0.80	0.421053	1	0.8	0.421053	1	0.5	0.263158	1	0.80	0.421053	
E/A Exhaust Fan	220	50	1	Δ	2	0.80	0.526316	2	0.80	0.842105	2	0.8	0.842105	2	0.5	0.526316	2	0.80	0.842105	
Deck Machinery																				
Sheering Gear	380	50	3		2	24.6	0.95	23.89474	2	0.8	44.43158	2	0.8	44.43158	2	0.8		2	0.8	44.43158
Cablewin	380	50	3		2	29.2	0.95	30.75894	2	0.8	49.17895	2	0.8	49.17895	2	0.8		2	0.8	49.17895
Windlass	380	50	3		2	41	0.95	43.15789	2	0.8	69.05263	2	0.8	69.05263	2	0.8		2	0.8	69.05263
Pulsion Crane	380	50	3		2	19.9	0.95	20.94737	2	0.8	33.51579	2	0.8	33.51579	2	0.8		2	0.8	33.51579
Engine Room Ventilation	380	50	3		1	49.5	0.95	52.10526	2	0.8	83.36842	2	0.8	83.36842	2	0.8		2	0.8	83.36842
Accommodation ladder winch	380	50	3		1	5	0.95	5.263158	2	0.8	8.421053	2	0.8	8.421053	2	0.8		2	0.8	8.421053
Sub Total Hull Part		Continuous Load			244.8			244.8			244.8			318.5368421			363.5368421			
		Intermittent Load			160.1684211			160.1684211			160.1684211			41.43157895			41.43157895			

3. Electrical Part		Instrument				Total				Sailing				Manover				Cargo Handling				At Port					
Equipment	Volt (V)	F (Hz)	Φ	Δ/V	Output (kW)	Eff	Input	Total Load	UF	Power (kW)		Total Load	UF	Power (kW)		Total Load	UF	Power (kW)		Total Load	UF	Power (kW)		Total Load	UF		
										C.L.	LL			C.L.	LL			C.L.	LL			C.L.	LL				
Deck Machinery																											
Cat Deck	220	50	1		823	100	823	1	0.8	6.5824	1	0.8	6.5824	1	0.8	6.5824	1	0.8	6.5824	1	0.8	6.5824	1	0.8	6.5824		
Passenger Deck	220	50	1		422	100	422	1	0.8	3.3792	1	0.8	3.3792	1	0.8	3.3792	1	0.8	3.3792	1	0.8	3.3792	1	0.8	3.3792		
Boat Deck	220	50	1		387	100	387	1	0.8	3.0976	1	0.8	3.0976	1	0.8	3.0976	1	0.8	3.0976	1	0.8	3.0976	1	0.8	3.0976		
Navigation Deck	220	50	1		347	100	347	1	0.8	2.7776	1	0.8	2.7776	1	0.8	2.7776	1	0.8	2.7776	1	0.8	2.7776	1	0.8	2.7776		
Engine Room & Forecase Deck	220	50	1		273	100	273	1	0.8	2.1856	1	0.8	2.1856	1	0.8	2.1856	1	0.8	2.1856	1	0.8	2.1856	1	0.8	2.1856		
Mast Head Light	220	50	1		008	100	008	2	0.8	0.096	2	0.8	0.096	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0.096			
Portside Light	220	50	1		008	100	008	1	0.8	0.048	1	0.8	0.048	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0.048			
Starboard Light	220	50	1		008	100	008	1	0.8	0.048	1	0.8	0.048	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0.048			
Stem Light	220	50	1		004	100	004	1	0.8	0.032	1	0.8	0.032	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0.032			
Anchor Light	220	50	1		001	100	001	1	0.8	0.0084	1	0.8	0.0084	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0.8	0.0084			
Nautical Communication & Safety																											
VHF Telephone	220	50	1		005	100	005	2	0.8	0.04	2	0.8	0.04	2	0.8	0.04	2	0.8	0.04	2	0.8	0.04	2	0.8	0.04		
Internal Communication	220	50	1		003	100	003	4	0.8	0.096	4	0.8	0.096	4	0.8	0.096	4	0.8	0.096	4	0.8	0.096	4	0.8	0.096		
MW/HC DSC	220	50	1		015	100	015	2	0.8	0.24	2	0.8	0.24	2	0.8	0.24	2	0.8	0.24	2	0.8	0.24	2	0.8	0.24		
Navtex Receiver	220	50	1		004	100	004	1	0.8	0.0288	1	0.8	0.0288	1	0.8	0.0288	1	0.8	0.0288	1	0.8	0.0288	1	0.8	0.0288		
Wiper	220	50	1		010	100	010	2	0.8	0.16	2	0.8	0.16	2	0.8	0.16	2	0.8	0.16	2	0.8	0.16	2	0.8	0.16		
Gyro Compass	220	50	1		0045	100	005	1	0.8	0.036	1	0.8	0.036	1	0.8	0.036	1	0.8	0.036	1	0.8	0.036	1	0.8	0.036		
Magnetic Compass	220	50	1		001	100	001	1	0.8	0.0086	1	0.8	0.0086	1	0.8	0.0086	1	0.8	0.0086	1	0.8	0.0086	1	0.8	0.0086		

Radar	220	50	1	1	400	100	400	1	0.8	3.2	1	0.8	3.2	1	0.8	3.2	1	0.8	3.2
Speed Log	220	50	1	1	0.10	100	0.10	1	0.8	0.08	1	0.8	0.08	1	0.8	0.08	1	0.8	0.08
Echo Sounder	220	50	1	1	0.80	100	0.80	1	0.8	0.48	1	0.8	0.48	1	0.8	0.48	1	0.8	0.48
GPS	220	50	1	1	0.03	100	0.03	1	0.8	0.02	1	0.8	0.02	1	0.8	0.02	1	0.8	0.02
AIS	220	50	1	1	0.01	100	0.01	1	0.8	0.01	1	0.8	0.01	1	0.8	0.01	1	0.8	0.01
Horn	220	50	1	1	0.05	100	0.05	1	0.8	0.0408	1	0.8	0.0408	1	0.8	0.0408	1	0.8	0.0408
Fire Alarm Control	220	50	1	1	0.14	100	0.14	1	0.8	0.1104	1	0.8	0.1104	1	0.8	0.1104	1	0.8	0.1104
Heat Detector	220	50	1	1	0.006	100	0.006	1	0.8	0.0048	1	0.8	0.0048	1	0.8	0.0048	1	0.8	0.0048
Flame Detector	220	50	1	15	0.006	100	0.006	15	0.8	0.072	15	0.8	0.072	15	0.8	0.072	15	0.8	0.072
Smoke Detector	220	50	1	71	0.006	100	0.006	71	0.8	0.3408	71	0.8	0.3408	71	0.8	0.3408	71	0.8	0.3408
Hydra, Communication & Safety																			
SMART	220	50	1	2	0.50	100	0.50	2	0.8	0.8	2	0.8	0.8	2	0.8	0.8	2	0.8	0.8
ECDS	220	50	1	1	0.20	100	0.20	1	0.8	0.16	1	0.8	0.16	1	0.8	0.16	1	0.8	0.16
Silo Total Hull Part										Continuous load		24.178		24.178		23.9476		24.178	
Intermittent load										0		0		0		0		0	



Calculation and Specification of Generator and Shore Connection

Doc. No: 04-42.19.1R018 - EL

Rev. No

Page

No.	ITEM	Sailing	Manover	Cargo handling	At Port
1	MACHINERY PART	: Continue load	18,042.9	133.4	137.7
		: Intermittent load	138.7	6443.2	6443.2
2	HULL PART	: Continue load	244.80	318.5	363.5
		: Intermittent load	160.17	160.2	41.4
3	ELECTRICAL PART	: Continue load	24.2	23.9	24.2
		: Intermittent load	0.0	0.0	0.0
	Total load		18,311.99	2149.76	475.88
4	Power (Q)		319	318.83	648.64
5	Diversity factor (e)		191.30	191.30	5187.71
6	Number of load		18503.19	2167.06	5663.99
7	Generator work				4339.24
8	Working capacity		21090	28120	7030
9	Generator that variable		0	0	0
10	Load Factor		87.73	77.08	80.6
11	Shore Connection (1.5x number of cargo handling)				6513.13

2. LAMPIRAN PERHITUNGAN DROP VOLTAGE

Variasi 1	100%							
	1		1					
Daya		Pmawal	Im	Drop1	V2	Ig	Drop2	Vg
Lubricating Oil Pump	3000	3000	5.4347826	0.048913	690.0489	4770.249	42.93224	732.9812
Axial Series Water Jets	18000	18000	32.608696	0.293478	690.2935	4770.249	42.93224	733.2257
Motor Hydraulic	11000	11000	19.927536	0.179348	690.1793	4770.249		
Cooling Capacity Hydraulic	24580	24580	44.528986	0.400761	690.4008	4770.249		
Cooling Capacity Lubricating	14030	14030	25.416667	0.22875	690.2288	4770.249		
Electric Propulsion	10000000	10000000	18115.942	163.0435	853.0435	4770.249		
Electric motor ratings for engine turning device	7500	7500	13.586957	0.122283	690.1223	4770.249		
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	15000	15000	27.173913	0.244565	690.2446	4770.249		
MDO Transfer Pump	290	290	0.5253623	0.004728	690.0047	4770.249		
LO Separation	2300	2300	4.1666667	0.0375	690.0375	4770.249		
LO Standby Pump	43200	43200	78.26087	0.704348	690.7043	4770.249		

Pg	Igbaru	Vdrop1	V2baru	Imbaru	Vdrop2	Vmbaru	Pmbaru	Presentase Drop
2797202.15	5067.395	45.60656	644.3934	5.773324	0.05196	644.3415	2975.993	6.617
2797202.15	5067.395	45.60656	644.3934	34.63994	0.311759	644.0817	17848.76	6.655
	5067.395			21.16885	0.19052	644.2029	10909.63	6.637
	5067.395			47.30276	0.425725	643.9677	24369.16	6.671
				26.99991	0.242999	644.1504	13913.6	6.645
				19244.41	173.1997	471.1937	7254277	31.711
				14.43331	0.1299	644.2635	7439.084	6.628
				28.86662	0.2598	644.1336	14875.17	6.647
				0.558088	0.005023	644.3884	287.7003	6.610
				4.426215	0.039836	644.3536	2281.638	6.615
				83.13586	0.748223	643.6452	42808	6.718
				57.73324	0.519599	643.8738	29738.34	6.685

				21.16885	0.19052	644.2029	10909.63	6.637
				21.16885	0.19052	644.2029	10909.63	6.637
				3.27155	0.029444	644.364	1686.455	6.614
				1.443331	0.01299	644.3805	744.0434	6.612
				1.443331	0.01299	644.3805	744.0434	6.612
				2.886662	0.02598	644.3675	1488.057	6.613
				2.886662	0.02598	644.3675	1488.057	6.613
				5.773324	0.05196	644.3415	2975.993	6.617
				3.463994	0.031176	644.3623	1785.654	6.614
				8.659985	0.07794	644.3155	4463.81	6.621
				57.73324	0.519599	643.8738	29738.34	6.685
				144.3331	1.298998	643.0944	74255.85	6.798
				3.040617	0.027366	644.3661	1567.416	6.614
				19.24441	0.1732	644.2202	9918.112	6.635
				4.426215	0.039836	644.3536	2281.638	6.615
				19.24441	0.1732	644.2202	9918.112	6.635
				47.34125	0.426071	643.9674	24388.98	6.671
				56.19368	0.505743	643.8877	28945.94	6.683
				78.90209	0.710119	643.6833	40630.37	6.713
				38.29638	0.344667	644.0488	19731.79	6.660
				95.25984	0.857339	643.5361	49042.52	6.734
				5.773324	0.05196	644.3415	2975.993	6.617
				43.91575	0.395242	643.9982	22625.33	6.667
				14.26011	0.128341	644.2651	7349.833	6.628

Vdrop1	V2baru	Imbaru	Vdrop2	Vmbaru	Pmbaru	Presentase Drop
45.60656	644.3934	5.195991	0.046764	644.3467	2678.416	6.616
45.60656	644.3934	31.17595	0.280584	644.1129	16064.66	6.650
		19.05197	0.171468	644.222	9818.957	6.634
		42.57249	0.383152	644.0103	21933.7	6.665
		24.29992	0.218699	644.1747	12522.72	6.641
		17319.97	155.8797	488.5137	6768834	29.201
		12.98998	0.11691	644.2765	6695.31	6.627
		25.97996	0.23382	644.1596	13388.19	6.644
		0.502279	0.004521	644.3889	258.9305	6.610
		3.983593	0.035852	644.3576	2053.487	6.615
		74.82227	0.6734	643.72	38531.68	6.707
		51.95991	0.467639	643.9258	26766.66	6.677
		19.05197	0.171468	644.222	9818.957	6.634
		19.05197	0.171468	644.222	9818.957	6.634
		2.944395	0.0265	644.3669	1517.817	6.613
		1.298998	0.011691	644.3818	669.6404	6.611
		1.298998	0.011691	644.3818	669.6404	6.611
		2.597996	0.023382	644.3701	1339.256	6.613

Oily Bilge Pump	1800	1620	3.2608696	0.029348	690.0293	4770.249	42.93224	732.9616
Ballast Pump	4500	4050	8.1521739	0.07337	690.0734	4770.249	42.93224	733.0056
Emergency Fire Pump	30000	27000	54.347826	0.48913	690.4891	4770.249	42.93224	733.4214
General Service Pump (BG&FI)	75000	67500	135.86957	1.222826	691.2228	4770.249	42.93224	734.1551
Sewage Pump	1580	1422	2.8623188	0.025761	690.0258	4770.249	42.93224	732.958
Sewage Treatment Plant	10000	9000	18.115942	0.163043	690.163	4770.249	42.93224	733.0953
Hydraulic MacGregor	2300	2070	4.1666667	0.0375	690.0375	4770.249	42.93224	732.9697
Refrigerating and Ventilation	10000	9000	18.115942	0.163043	690.163	4770.249	42.93224	733.0953
Steering Gear	24600	22140	44.565217	0.401087	690.4011	4770.249	42.93224	733.3333
Capstan	29200	26280	52.898551	0.476087	690.4761	4770.249	42.93224	733.4083
Windlass	41000	36900	74.275362	0.668478	690.6685	4770.249	42.93224	733.6007
Provision Crane	19900	17910	36.050725	0.324457	690.3245	4770.249	42.93224	733.2567
E/R Ventilation	49500	44550	89.673913	0.807065	690.8071	4770.249	42.93224	733.7393
Acc. Leader Winch	3000	2700	5.4347826	0.048913	690.0489	4770.249	42.93224	732.9812
Electrical Part	22820	20538	41.34058	0.372065	690.3721	4770.249	42.93224	733.3043
Nautical, Communication & Safety	7410	6669	13.423913	0.120815	690.1208	4770.249	42.93224	733.0531

2797127.49				3.117595	0.028058	644.3654	1607.096	6.614
2797295.48				7.793987	0.070146	644.3233	4017.478	6.620
2798882.11				51.95991	0.467639	643.9258	26766.66	6.677
2801682.04				129.8998	1.169098	643.2243	66843.76	6.779
2797113.8				2.736555	0.024629	644.3688	1410.681	6.613
2797637.7				17.31997	0.15588	644.2376	8926.541	6.632
2797158.6				3.983593	0.035852	644.3576	2053.487	6.615
2797637.7				17.31997	0.15588	644.2376	8926.541	6.632
2798546.12				42.60713	0.383464	644.01	21951.53	6.665
2798832.33				50.57431	0.455169	643.9383	26053.39	6.676
2799566.54				71.01188	0.639107	643.7543	36571.36	6.702
2798253.68				34.46674	0.310201	644.0832	17759.56	6.655
2800095.41				85.73385	0.771605	643.6218	44144.14	6.721
2797202.15				5.195991	0.046764	644.3467	2678.416	6.616
2798435.37				39.52417	0.355718	644.0377	20364.05	6.661
2797476.55				12.8341	0.115507	644.2779	6614.981	6.626

Variasi 3	80%							
	0.8		0.8					
Daya		Pmawal	Im	Drop1	V2	Ig	Drop2	Vg
Lubricating Oil Pump	3000	2400	5.4347826	0.048913	690.0489	4770.249	42.93224	732.9812
Axial Series Water Jets	18000	14400	32.608696	0.293478	690.2935	4770.249	42.93224	733.2257
Motor Hydraulic	11000	8800	19.927536	0.179348	690.1793	4770.249		
Cooling Capacity Hydraulic	24580	19664	44.528986	0.400761	690.4008	4770.249		
Cooling Capacity Lubricating	14030	11224	25.416667	0.22875	690.2288	4770.249		
Electric Propulsion	10000000	8000000	18115.942	163.0435	853.0435	4770.249		
Electric motor ratings for engine turning device	7500	6000	13.586957	0.122283	690.1223	4770.249		
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	15000	12000	27.173913	0.244565	690.2446	4770.249		
MDO Transfer Pump	290	232	0.5253623	0.004728	690.0047	4770.249		
LO Separation	2300	1840	4.1666667	0.0375	690.0375	4770.249		
LO Standby Pump	43200	34560	78.26087	0.704348	690.7043	4770.249		
SW Cooling Pump	30000	24000	54.347826	0.48913	690.4891	4770.249		
LT Standby Pump	11000	8800	19.927536	0.179348	690.1793	4770.249		
HT Standby Pump	11000	8800	19.927536	0.179348	690.1793	4770.249		
Air compressor	1700	1360	3.0797101	0.027717	690.0277	4770.249		
Transfer Pump FW	750	600	1.3586957	0.012228	690.0122	4770.249		
Transfer Pump SW	750	600	1.3586957	0.012228	690.0122	4770.249		
FW Hydrophore Set	1500	1200	2.7173913	0.024457	690.0245	4770.249		
SW Hydrophore Set	1500	1200	2.7173913	0.024457	690.0245	4770.249		
Oily Water Separator	3000	2400	5.4347826	0.048913	690.0489	4770.249		

Pg	Igbaru	Vdrop1	V2baru	Imbaru	Vdrop2	Vmbaru	Pmbaru	Presentase Drop
2797202.15	5067.395	45.60656	644.3934	4.618659	0.041568	644.3519	2380.833	6.616
2797202.15	5067.395	45.60656	644.3934	27.71195	0.249408	644.144	14280.39	6.646
	5067.395			16.93508	0.152416	644.241	8728.22	6.632
	5067.395			37.84221	0.34058	644.0529	19497.91	6.659
				21.59993	0.194399	644.199	11131.72	6.638
				15395.53	138.5598	505.8337	6230062	26.691
				11.54665	0.10392	644.2895	5951.507	6.625
				23.09329	0.20784	644.1856	11901.09	6.640
				0.44647	0.004018	644.3894	230.1606	6.610
				3.540972	0.031869	644.3616	1825.333	6.614
				66.50869	0.598578	643.7949	34254.36	6.696
				46.18659	0.415679	643.9778	23794.51	6.670
				16.93508	0.152416	644.241	8728.22	6.632
				16.93508	0.152416	644.241	8728.22	6.632
				2.61724	0.023555	644.3699	1349.177	6.613
				1.154665	0.010392	644.3831	595.2371	6.611
				1.154665	0.010392	644.3831	595.2371	6.611
				2.309329	0.020784	644.3727	1190.455	6.613
				2.309329	0.020784	644.3727	1190.455	6.613
				4.618659	0.041568	644.3519	2380.833	6.616

Oily Bilge Pump	1800	1440	3.2608696	0.029348	690.0293	4770.249		
Ballast Pump	4500	3600	8.1521739	0.07337	690.0734	4770.249		
Emergency Fire Pump	30000	24000	54.347826	0.48913	690.4891	4770.249		
General Service Pump (BG&FI)	75000	60000	135.86957	1.222826	691.2228	4770.249		
Sewage Pump	1580	1264	2.8623188	0.025761	690.0258	4770.249		
Sewage Treatment Plant	10000	8000	18.115942	0.163043	690.163	4770.249		
Hydraulic MacGregor	2300	1840	4.1666667	0.0375	690.0375	4770.249		
Refrigerating and Ventilation	10000	8000	18.115942	0.163043	690.163	4770.249		
Steering Gear	24600	19680	44.565217	0.401087	690.4011	4770.249		
Capstan	29200	23360	52.898551	0.476087	690.4761	4770.249		
Windlass	41000	32800	74.275362	0.668478	690.6685	4770.249		
Provision Crane	19900	15920	36.050725	0.324457	690.3245	4770.249		
E/R Ventilation	49500	39600	89.673913	0.807065	690.8071	4770.249		
Acc. Leader Winch	3000	2400	5.4347826	0.048913	690.0489	4770.249		
Electrical Part	22820	18256	41.34058	0.372065	690.3721	4770.249		
Nautical, Communication & Safety	7410	5928	13.423913	0.120815	690.1208	4770.249		

				2.771195	0.024941	644.3685	1428.537	6.613
				6.927988	0.062352	644.3311	3571.135	6.619
				46.18659	0.415679	643.9778	23794.51	6.670
				115.4665	1.039198	643.3542	59428.68	6.760
				2.432494	0.021892	644.3716	1253.944	6.613
				15.39553	0.13856	644.2549	7934.916	6.630
				3.540972	0.031869	644.3616	1825.333	6.614
				15.39553	0.13856	644.2549	7934.916	6.630
				37.873	0.340857	644.0526	19513.76	6.659
				44.95495	0.404595	643.9888	23160.39	6.668
				63.12167	0.568095	643.8253	32511.47	6.692
				30.6371	0.275734	644.1177	15787.12	6.650
				76.20787	0.685871	643.7076	39244.47	6.709
				4.618659	0.041568	644.3519	2380.833	6.616
				35.1326	0.316193	644.0772	18102.49	6.655
				11.40809	0.102673	644.2908	5880.1	6.625

3. LAMPIRAN PERHITUNGAN KAPASITOR

100%

	Tegangan	Daya	Frekuensi (Hz)	Q kapasitor	Xc Kapasitor	C (F)
		P				
Lubricating Oil Pump	644.34	3000	50	883.16	470.103	6.77E-06
Axial Series Water Jets	644.08	18000	50	5298.96	78.28732	4.07E-05
Motor Hydraulic	644.20	11000	50	3238.25	128.1548	2.49E-05
Cooling Capacity Hydraulic	643.97	24580	50	7236.02	57.30973	5.56E-05
Cooling Capacity Lubricating	644.15	14030	50	4130.24	100.4613	3.17E-05
Motor Induksi 3 Phase	471.19	10000000	50	2943865.4	0.075419	4.22E-02
Electric motor ratings for engine turning device	644.26	7500	50	2207.90	187.9957	1.69E-05
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	644.13	15000	50	4415.80	93.95995	3.39E-05
MDO Transfer Pump	644.39	290	50	85.37	4863.843	6.55E-07
LO Separation	644.35	2300	50	677.09	613.2008	5.19E-06
LO Standby Pump	643.65	43200	50	12717.50	32.57552	9.78E-05
SW Cooling Pump	643.87	30000	50	8831.60	46.94208	6.78E-05
LT Standby Pump	644.20	11000	50	3238.25	128.1548	2.49E-05
HT Standby Pump	644.20	11000	50	3238.25	128.1548	2.49E-05
Air compressor	644.36	1700	50	500.46	829.6514	3.84E-06
Transfer Pump FW	644.38	750	50	220.79	1880.639	1.69E-06
Transfer Pump SW	644.38	750	50	220.79	1880.639	1.69E-06
FW Hydrophore Set	644.37	1500	50	441.58	940.2817	3.39E-06

SW Hydrophore Set	644.37	1500	50	441.58	940.2817	3.39E-06
Oily Water Separator	644.34	3000	50	883.16	470.103	6.77E-06
Oily Bilge Pump	644.36	1800	50	529.90	783.5555	4.06E-06
Ballast Pump	644.32	4500	50	1324.74	313.3767	1.02E-05
Emergency Fire Pump	643.87	30000	50	8831.60	46.94208	6.78E-05
General Service Pump (BG&FI)	643.09	75000	50	22078.99	18.7314	1.70E-04
Sewage Pump	644.37	1580	50	465.13	892.6687	3.57E-06
Sewage Treatment Plant	644.22	10000	50	2943.87	140.9778	2.26E-05
Hydraulic MacGregor	644.35	2300	50	677.09	613.2008	5.19E-06
Refrigerating and Ventilation	644.22	10000	50	2943.87	140.9778	2.26E-05
Steering Gear	643.97	24600	50	7241.91	57.26308	5.56E-05
Capstan	643.89	29200	50	8596.09	48.23024	6.60E-05
Windlass	643.68	41000	50	12069.85	34.32754	9.28E-05
Provision Crane	644.05	19900	50	5858.29	70.80542	4.50E-05
E/R Ventilation	643.54	49500	50	14572.13	28.41991	1.12E-04
Acc. Leader Winch	644.34	3000	50	883.16	470.103	6.77E-06
Electrical Part	644.00	22820	50	6717.90	61.73561	5.16E-05
Nautical, Communication & Safety	644.27	7410	50	2181.40	190.28	1.67E-05

90%

	Tegangan	Daya	Frekuensi (Hz)	Q kapasitor	Xc Kapasitor	C (F)
		P				
Lubricating Oil Pump	644.35	2700	50	794.84	522.345	6.10E-06
Axial Series Water Jets	644.11	16200	50	4769.06	86.99434	3.66E-05
Motor Hydraulic	644.22	9900	50	2914.43	142.4026	2.24E-05
Cooling Capacity Hydraulic	644.01	22122	50	6512.42	63.6859	5.00E-05
Cooling Capacity Lubricating	644.17	12627	50	3717.22	111.6321	2.85E-05
Motor Induksi 3 Phase	488.51	9000000	50	2649478.9	0.090073	3.54E-02
Electric motor ratings for engine turning device	644.28	6750	50	1987.11	208.8925	1.52E-05
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	644.16	13500	50	3974.22	104.4084	3.05E-05
MDO Transfer Pump	644.39	261	50	76.83	5404.278	5.89E-07
LO Separation	644.36	2070	50	609.38	681.3427	4.67E-06
LO Standby Pump	643.72	38880	50	11445.75	36.20344	8.80E-05
SW Cooling Pump	643.93	27000	50	7948.44	52.16629	6.10E-05
LT Standby Pump	644.22	9900	50	2914.43	142.4026	2.24E-05
HT Standby Pump	644.22	9900	50	2914.43	142.4026	2.24E-05
Air compressor	644.37	1530	50	450.41	921.8433	3.45E-06
Transfer Pump FW	644.38	675	50	198.71	2089.608	1.52E-06
Transfer Pump SW	644.38	675	50	198.71	2089.608	1.52E-06

FW Hydrophore Set	644.37	1350	50	397.42	1044.766	3.05E-06
SW Hydrophore Set	644.37	1350	50	397.42	1044.766	3.05E-06
Oily Water Separator	644.35	2700	50	794.84	522.345	6.10E-06
Oily Bilge Pump	644.37	1620	50	476.91	870.6256	3.66E-06
Ballast Pump	644.32	4050	50	1192.27	348.2048	9.15E-06
Emergency Fire Pump	643.93	27000	50	7948.44	52.16629	6.10E-05
General Service Pump (BG&FI)	643.22	67500	50	19871.09	20.82108	1.53E-04
Sewage Pump	644.37	1422	50	418.62	991.8625	3.21E-06
Sewage Treatment Plant	644.24	9000	50	2649.48	156.6504	2.03E-05
Hydraulic MacGregor	644.36	2070	50	609.38	681.3427	4.67E-06
Refrigerating and Ventilation	644.24	9000	50	2649.48	156.6504	2.03E-05
Steering Gear	644.01	22140	50	6517.72	63.63406	5.00E-05
Capstan	643.94	26280	50	7736.48	53.59758	5.94E-05
Windlass	643.75	36900	50	10862.86	38.15013	8.35E-05
Provision Crane	644.08	17910	50	5272.46	78.68111	4.05E-05
E/R Ventilation	643.62	44550	50	13114.92	31.58609	1.01E-04
Acc. Leader Winch	644.35	2700	50	794.84	522.345	6.10E-06
Electrical Part	644.04	20538	50	6046.11	68.60354	4.64E-05
Nautical, Communication & Safety	644.28	6669	50	1963.26	211.4306	1.51E-05

80%

	Tegangan	Daya	Frekuensi (Hz)	Q kapasitor	Xc Kapasitor	C (F)
		P				
Lubricating Oil Pump	644.35	2400	50	706.53	587.6476	5.42E-06
Axial Series Water Jets	644.14	14400	50	4239.17	97.8781	3.25E-05
Motor Hydraulic	644.24	8800	50	2590.60	160.2124	1.99E-05
Cooling Capacity Hydraulic	644.05	19664	50	5788.82	71.65611	4.44E-05
Cooling Capacity Lubricating	644.20	11224	50	3304.19	125.5956	2.54E-05
Motor Induksi 3 Phase	505.83	8000000	50	2355092.3	0.108644	2.93E-02
Electric motor ratings for engine turning device	644.29	6000	50	1766.32	235.0136	1.36E-05
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	644.19	12000	50	3532.64	117.4689	2.71E-05
MDO Transfer Pump	644.39	232	50	68.30	6079.822	5.24E-07
LO Separation	644.36	1840	50	541.67	766.52	4.15E-06
LO Standby Pump	643.79	34560	50	10174.00	40.73834	7.82E-05
SW Cooling Pump	643.98	24000	50	7065.28	58.69655	5.43E-05
LT Standby Pump	644.24	8800	50	2590.60	160.2124	1.99E-05
HT Standby Pump	644.24	8800	50	2590.60	160.2124	1.99E-05
Air compressor	644.37	1360	50	400.37	1037.083	3.07E-06
Transfer Pump FW	644.38	600	50	176.63	2350.818	1.35E-06
Transfer Pump SW	644.38	600	50	176.63	2350.818	1.35E-06
FW Hydrophore Set	644.37	1200	50	353.26	1175.371	2.71E-06

SW Hydrophore Set	644.37	1200	50	353.26	1175.371	2.71E-06
Oily Water Separator	644.35	2400	50	706.53	587.6476	5.42E-06
Oily Bilge Pump	644.37	1440	50	423.92	979.4633	3.25E-06
Ballast Pump	644.33	3600	50	1059.79	391.7398	8.13E-06
Emergency Fire Pump	643.98	24000	50	7065.28	58.69655	5.43E-05
General Service Pump (BG&FI)	643.35	60000	50	17663.19	23.43318	1.36E-04
Sewage Pump	644.37	1264	50	372.10	1115.855	2.85E-06
Sewage Treatment Plant	644.25	8000	50	2355.09	176.2412	1.81E-05
Hydraulic MacGregor	644.36	1840	50	541.67	766.52	4.15E-06
Refrigerating and Ventilation	644.25	8000	50	2355.09	176.2412	1.81E-05
Steering Gear	644.05	19680	50	5793.53	71.59779	4.45E-05
Capstan	643.99	23360	50	6876.87	60.30675	5.28E-05
Windlass	643.83	32800	50	9655.88	42.92837	7.42E-05
Provision Crane	644.12	15920	50	4686.63	88.52572	3.60E-05
E/R Ventilation	643.71	39600	50	11657.71	35.54382	8.96E-05
Acc. Leader Winch	644.35	2400	50	706.53	587.6476	5.42E-06
Electrical Part	644.08	18256	50	5374.32	77.18845	4.13E-05
Nautical, Communication & Safety	644.29	5928	50	1745.12	237.8689	1.34E-05

4. LAMPIRAN VALIDASI KAPASITOR

Variasi 1 (100%)

Motor	Qc	X setelah penambahan kapasitor	v	V total	%
Lubricating Oil Pump	1.37E+00	470.103	25.38388	669.73	2.9384
Axial Series Water Jets	8.23E+00	78.28732	25.37876	669.46	2.9767
Motor Hydraulic	5.03E+00	128.1548	25.38115	669.58	2.9588
Cooling Capacity Hydraulic	1.12E+01	57.30973	25.37652	669.34	2.9936
Cooling Capacity Lubricating	6.41E+00	100.4613	25.38012	669.53	2.9666
Electric Propulsion	4.73E+05	0.075419	188.9644	660.16	4.3249
Electric motor ratings for engine turning device	3.43E+00	187.9957	25.38235	669.65	2.9499
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	6.86E+00	93.95995	25.37979	669.51	2.9691
MDO Transfer Pump	1.32E-01	4863.843	25.38481	669.77	2.9314
LO Separation	1.05E+00	613.2008	25.38412	669.74	2.9366
LO Standby Pump	1.98E+01	32.57552	25.37016	669.02	3.0412
SW Cooling Pump	1.37E+01	46.94208	25.37467	669.25	3.0075
LT Standby Pump	5.03E+00	128.1548	25.38115	669.58	2.9588
HT Standby Pump	5.03E+00	128.1548	25.38115	669.58	2.9588
Air compressor	7.77E-01	829.6514	25.38433	669.75	2.9350
Transfer Pump FW	3.43E-01	1880.639	25.38465	669.77	2.9326

Transfer Pump SW	3.43E-01	1880.639	25.38465	669.77	2.9326
FW Hydrophore Set	6.85E-01	940.2817	25.38439	669.75	2.9345
SW Hydrophore Set	6.85E-01	940.2817	25.38439	669.75	2.9345
Oily Water Separator	1.37E+00	470.103	25.38388	669.73	2.9384
Oily Bilge Pump	8.22E-01	783.5555	25.38429	669.75	2.9353
Ballast Pump	2.06E+00	313.3767	25.38337	669.70	2.9422
Emergency Fire Pump	1.37E+01	46.94208	25.37467	669.25	3.0075
General Service Pump (BG&FI)	3.43E+01	18.7314	25.35931	668.45	3.1226
Sewage Pump	7.22E-01	892.6687	25.38437	669.75	2.9347
Sewage Treatment Plant	4.57E+00	140.9778	25.38149	669.60	2.9563
Hydraulic MacGregor	1.05E+00	613.2008	25.38412	669.74	2.9366
Refrigerating and Ventilation	4.57E+00	140.9778	25.38149	669.60	2.9563
Steering Gear	1.12E+01	57.26308	25.37651	669.34	2.9936
Capstan	1.34E+01	48.23024	25.37494	669.26	3.0054
Windlass	1.88E+01	34.32754	25.37091	669.05	3.0356
Provision Crane	9.10E+00	70.80542	25.37812	669.43	2.9816
E/R Ventilation	2.26E+01	28.41991	25.36801	668.90	3.0574
Acc. Leader Winch	1.37E+00	470.103	25.38388	669.73	2.9384
Electrical Part	1.04E+01	61.73561	25.37712	669.38	2.9891
Nautical, Communication & Safety	3.39E+00	190.28	25.38238	669.65	2.9496

Variasi 2 (90%)

Motor	Qc	X setelah penambahan kapasitor	v	V total	%
Lubricating Oil Pump	1.23E+00	522.345	25.38398	669.73	2.9376
Axial Series Water Jets	7.40E+00	86.99434	25.37938	669.49	2.9721
Motor Hydraulic	4.52E+00	142.4026	25.38153	669.60	2.9560
Cooling Capacity Hydraulic	1.01E+01	63.6859	25.37736	669.39	2.9873
Cooling Capacity Lubricating	5.77E+00	111.6321	25.3806	669.56	2.9630
Electric Propulsion	3.53E+05	0.090073	178.264	666.78	3.3655
Electric motor ratings for engine turning device	3.08E+00	208.8925	25.3826	669.66	2.9480
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	6.17E+00	104.4084	25.3803	669.54	2.9652
MDO Transfer Pump	1.19E-01	5404.278	25.38482	669.77	2.9313
LO Separation	9.46E-01	681.3427	25.3842	669.74	2.9360
LO Standby Pump	1.78E+01	36.20344	25.37164	669.09	3.0302
SW Cooling Pump	1.23E+01	52.16629	25.37569	669.30	2.9998
LT Standby Pump	4.52E+00	142.4026	25.38153	669.60	2.9560
HT Standby Pump	4.52E+00	142.4026	25.38153	669.60	2.9560
Air compressor	6.99E-01	921.8433	25.38438	669.75	2.9346
Transfer Pump FW	3.08E-01	2089.608	25.38468	669.77	2.9324
Transfer Pump SW	3.08E-01	2089.608	25.38468	669.77	2.9324
FW Hydrophore Set	6.17E-01	1044.766	25.38445	669.75	2.9341

SW Hydrophore Set	6.17E-01	1044.766	25.38445	669.75	2.9341
Oily Water Separator	1.23E+00	522.345	25.38398	669.73	2.9376
Oily Bilge Pump	7.40E-01	870.6256	25.38435	669.75	2.9348
Ballast Pump	1.85E+00	348.2048	25.38352	669.71	2.9410
Emergency Fire Pump	1.23E+01	52.16629	25.37569	669.30	2.9998
General Service Pump (BG&FI)	3.09E+01	20.82108	25.36187	668.59	3.1034
Sewage Pump	6.50E-01	991.8625	25.38442	669.75	2.9343
Sewage Treatment Plant	4.11E+00	156.6504	25.38184	669.62	2.9537
Hydraulic MacGregor	9.46E-01	681.3427	25.3842	669.74	2.9360
Refrigerating and Ventilation	4.11E+00	156.6504	25.38184	669.62	2.9537
Steering Gear	1.01E+01	63.63406	25.37735	669.39	2.9873
Capstan	1.20E+01	53.59758	25.37594	669.31	2.9979
Windlass	1.69E+01	38.15013	25.37231	669.13	3.0251
Provision Crane	8.19E+00	78.68111	25.3788	669.46	2.9765
E/R Ventilation	2.04E+01	31.58609	25.3697	668.99	3.0447
Acc. Leader Winch	1.23E+00	522.345	25.38398	669.73	2.9376
Electrical Part	9.39E+00	68.60354	25.3779	669.42	2.9832
Nautical, Communication & Safety	3.05E+00	211.4306	25.38263	669.66	2.9477

Variasi 3 (80%)

Motor	Qc	X setelah penambahan			
		kapasitor	v	V total	%
Lubricating Oil Pump	1.10E+00	587.6476	25.38409	669.74	2.9368
Axial Series Water Jets	6.58E+00	97.8781	25.37999	669.52	2.9675
Motor Hydraulic	4.02E+00	160.2124	25.3819	669.62	2.9532
Cooling Capacity Hydraulic	8.99E+00	71.65611	25.3782	669.43	2.9810
Cooling Capacity Lubricating	5.13E+00	125.5956	25.38108	669.58	2.9594
Electric Propulsion	2.41E+05	0.108644	161.955	667.79	3.2190
Electric motor ratings for engine turning device	2.74E+00	235.0136	25.38286	669.67	2.9460
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	5.48E+00	117.4689	25.38081	669.57	2.9614
MDO Transfer Pump	1.06E-01	6079.822	25.38483	669.77	2.9313
LO Separation	8.41E-01	766.52	25.38428	669.75	2.9354
LO Standby Pump	1.58E+01	40.73834	25.37311	669.17	3.0191
SW Cooling Pump	1.10E+01	58.69655	25.37672	669.35	2.9921
LT Standby Pump	4.02E+00	160.2124	25.3819	669.62	2.9532
HT Standby Pump	4.02E+00	160.2124	25.3819	669.62	2.9532
Air compressor	6.21E-01	1037.083	25.38444	669.75	2.9342
Transfer Pump FW	2.74E-01	2350.818	25.3847	669.77	2.9322
Transfer Pump SW	2.74E-01	2350.818	25.3847	669.77	2.9322
FW Hydrophore Set	5.48E-01	1175.371	25.3845	669.76	2.9337
SW Hydrophore Set	5.48E-01	1175.371	25.3845	669.76	2.9337

Oily Water Separator	1.10E+00	587.6476	25.38409	669.74	2.9368
Oily Bilge Pump	6.58E-01	979.4633	25.38441	669.75	2.9344
Ballast Pump	1.64E+00	391.7398	25.38368	669.71	2.9399
Emergency Fire Pump	1.10E+01	58.69655	25.37672	669.35	2.9921
General Service Pump (BG&FI)	2.75E+01	23.43318	25.36443	668.72	3.0843
Sewage Pump	5.77E-01	1115.855	25.38447	669.76	2.9339
Sewage Treatment Plant	3.66E+00	176.2412	25.38218	669.64	2.9512
Hydraulic MacGregor	8.41E-01	766.52	25.38428	669.75	2.9354
Refrigerating and Ventilation	3.66E+00	176.2412	25.38218	669.64	2.9512
Steering Gear	9.00E+00	71.59779	25.37819	669.43	2.9810
Capstan	1.07E+01	60.30675	25.37694	669.37	2.9905
Windlass	1.50E+01	42.92837	25.37371	669.20	3.0146
Provision Crane	7.28E+00	88.52572	25.37947	669.50	2.9714
E/R Ventilation	1.81E+01	35.54382	25.37139	669.08	3.0320
Acc. Leader Winch	1.10E+00	587.6476	25.38409	669.74	2.9368
Electrical Part	8.34E+00	77.18845	25.37868	669.46	2.9774
Nautical, Communication & Safety	2.71E+00	237.8689	25.38288	669.67	2.9458

5. LAMPIRAN PERHITUNGAN SHORT CIRCUIT

Variasi 1	100%				
Daya	R	X	Z	Un	I ² k ³
Lubricating Oil Pump	0.434	0.284	0.445	644.3415	919.58
Axial Series Water Jets	0.434	0.284	0.445	644.0817	919.21
Motor Hydraulic	0.434	0.284	0.445	644.2029	919.38
Cooling Capacity Hydraulic	0.434	0.284	0.445	643.9677	919.04
Cooling Capacity Lubricating	0.434	0.284	0.445	644.1504	919.30
Electric Propulsion	0.434	0.284	0.445	471.1937	672.47
Electric motor ratings for engine turning device	0.434	0.284	0.445	644.2635	919.47
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	0.434	0.284	0.445	644.1336	919.28
MDO Transfer Pump	0.434	0.284	0.445	644.3884	919.64
LO Separation	0.434	0.284	0.445	644.3536	919.59
LO Standby Pump	0.434	0.284	0.445	643.6452	918.58
SW Cooling Pump	0.434	0.284	0.445	643.8738	918.91
LT Standby Pump	0.434	0.284	0.445	644.2029	919.38
HT Standby Pump	0.434	0.284	0.445	644.2029	919.38
Air compressor	0.434	0.284	0.445	644.364	919.61
Transfer Pump FW	0.434	0.284	0.445	644.3805	919.63

Transfer Pump SW	0.434	0.284	0.445	644.3805	919.63
FW Hydrophore Set	0.434	0.284	0.445	644.3675	919.61
SW Hydrophore Set	0.434	0.284	0.445	644.3675	919.61
Oily Water Separator	0.434	0.284	0.445	644.3415	919.58
Oily Bilge Pump	0.434	0.284	0.445	644.3623	919.61
Ballast Pump	0.434	0.284	0.445	644.3155	919.54
Emergency Fire Pump	0.434	0.284	0.445	643.8738	918.91
General Service Pump (BG&FI)	0.434	0.284	0.445	643.0944	917.80
Sewage Pump	0.434	0.284	0.445	644.3661	919.61
Sewage Treatment Plant	0.434	0.284	0.445	644.2202	919.40
Hydraulic MacGregor	0.434	0.284	0.445	644.3536	919.59
Refrigerating and Ventilation	0.434	0.284	0.445	644.2202	919.40
Steering Gear	0.434	0.284	0.445	643.9674	919.04
Capstan	0.434	0.284	0.445	643.8877	918.93
Windlass	0.434	0.284	0.445	643.6833	918.64
Provision Crane	0.434	0.284	0.445	644.0488	919.16
E/R Ventilation	0.434	0.284	0.445	643.5361	918.43
Acc. Leader Winch	0.434	0.284	0.445	644.3415	919.58
Electrical Part	0.434	0.284	0.445	643.9982	919.09
Nautical, Communication & Safety	0.434	0.284	0.445	644.2651	919.47

Variasi 2	90%				
Daya	R	X	Z	Un	I ³ k3
Lubricating Oil Pump	0.434	0.284	0.445	644.3467	919.5845
Axial Series Water Jets	0.434	0.284	0.445	644.1129	919.2508
Motor Hydraulic	0.434	0.284	0.445	644.222	919.4065
Cooling Capacity Hydraulic	0.434	0.284	0.445	644.0103	919.1044
Cooling Capacity Lubricating	0.434	0.284	0.445	644.1747	919.3391
Electric Propulsion	0.434	0.284	0.445	488.5137	697.1862
Electric motor ratings for engine turning device	0.434	0.284	0.445	644.2765	919.4844
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	0.434	0.284	0.445	644.1596	919.3175
MDO Transfer Pump	0.434	0.284	0.445	644.3889	919.6448
LO Separation	0.434	0.284	0.445	644.3576	919.6001
LO Standby Pump	0.434	0.284	0.445	643.72	918.6902
SW Cooling Pump	0.434	0.284	0.445	643.9258	918.9838
LT Standby Pump	0.434	0.284	0.445	644.222	919.4065
HT Standby Pump	0.434	0.284	0.445	644.222	919.4065
Air compressor	0.434	0.284	0.445	644.3669	919.6134
Transfer Pump FW	0.434	0.284	0.445	644.3818	919.6346
Transfer Pump SW	0.434	0.284	0.445	644.3818	919.6346
FW Hydrophore Set	0.434	0.284	0.445	644.3701	919.6179

SW Hydrophore Set	0.434	0.284	0.445	644.3701	919.6179
Oily Water Separator	0.434	0.284	0.445	644.3467	919.5845
Oily Bilge Pump	0.434	0.284	0.445	644.3654	919.6112
Ballast Pump	0.434	0.284	0.445	644.3233	919.5511
Emergency Fire Pump	0.434	0.284	0.445	643.9258	918.9838
General Service Pump (BG&FI)	0.434	0.284	0.445	643.2243	917.9827
Sewage Pump	0.434	0.284	0.445	644.3688	919.6161
Sewage Treatment Plant	0.434	0.284	0.445	644.2376	919.4288
Hydraulic MacGregor	0.434	0.284	0.445	644.3576	919.6001
Refrigerating and Ventilation	0.434	0.284	0.445	644.2376	919.4288
Steering Gear	0.434	0.284	0.445	644.01	919.104
Capstan	0.434	0.284	0.445	643.9383	919.0016
Windlass	0.434	0.284	0.445	643.7543	918.7391
Provision Crane	0.434	0.284	0.445	644.0832	919.2085
E/R Ventilation	0.434	0.284	0.445	643.6218	918.55
Acc. Leader Winch	0.434	0.284	0.445	644.3467	919.5845
Electrical Part	0.434	0.284	0.445	644.0377	919.1436
Nautical, Communication & Safety	0.434	0.284	0.445	644.2779	919.4864

Variasi 3	80%				
Daya	R	X	Z	Un	I ³ k3
Lubricating Oil Pump	0.434	0.284	0.445	644.3519	919.5919
Axial Series Water Jets	0.434	0.284	0.445	644.144	919.2953
Motor Hydraulic	0.434	0.284	0.445	644.241	919.4337
Cooling Capacity Hydraulic	0.434	0.284	0.445	644.0529	919.1652
Cooling Capacity Lubricating	0.434	0.284	0.445	644.199	919.3738
Electric Propulsion	0.434	0.284	0.445	505.8337	721.9046
Electric motor ratings for engine turning device	0.434	0.284	0.445	644.2895	919.5029
Electric motor ratings for pre-lubricating pump	0.434	0.284	0.445	644.1856	919.3546
MDO Transfer Pump	0.434	0.284	0.445	644.3894	919.6455
LO Separation	0.434	0.284	0.445	644.3616	919.6058
LO Standby Pump	0.434	0.284	0.445	643.7949	918.797
SW Cooling Pump	0.434	0.284	0.445	643.9778	919.058
LT Standby Pump	0.434	0.284	0.445	644.241	919.4337
HT Standby Pump	0.434	0.284	0.445	644.241	919.4337
Air compressor	0.434	0.284	0.445	644.3699	919.6176
Transfer Pump FW	0.434	0.284	0.445	644.3831	919.6364
Transfer Pump SW	0.434	0.284	0.445	644.3831	919.6364
FW Hydrophore Set	0.434	0.284	0.445	644.3727	919.6216

SW Hydrophore Set	0.434	0.284	0.445	644.3727	919.6216
Oily Water Separator	0.434	0.284	0.445	644.3519	919.5919
Oily Bilge Pump	0.434	0.284	0.445	644.3685	919.6156
Ballast Pump	0.434	0.284	0.445	644.3311	919.5623
Emergency Fire Pump	0.434	0.284	0.445	643.9778	919.058
General Service Pump (BG&FI)	0.434	0.284	0.445	643.3542	918.1681
Sewage Pump	0.434	0.284	0.445	644.3716	919.62
Sewage Treatment Plant	0.434	0.284	0.445	644.2549	919.4535
Hydraulic MacGregor	0.434	0.284	0.445	644.3616	919.6058
Refrigerating and Ventilation	0.434	0.284	0.445	644.2549	919.4535
Steering Gear	0.434	0.284	0.445	644.0526	919.1648
Capstan	0.434	0.284	0.445	643.9888	919.0738
Windlass	0.434	0.284	0.445	643.8253	918.8405
Provision Crane	0.434	0.284	0.445	644.1177	919.2577
E/R Ventilation	0.434	0.284	0.445	643.7076	918.6724
Acc. Leader Winch	0.434	0.284	0.445	644.3519	919.5919
Electrical Part	0.434	0.284	0.445	644.0772	919.2
Nautical, Communication & Safety	0.434	0.284	0.445	644.2908	919.5047

BIODATA PENULIS



Anggita Primaysandy Pamela Putri, dilahirkan, dilahirkan di Jombang pada tanggal 01 Mei 1997. Merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Slamet Wahyudi dan Nanik Windrawati. Penulis telah menjalani pendidikan formal di TK Kartika Jaya Mojoagung, SD Negeri Miagan, SMP Negeri 2 Jombang, dan SMA Negeri 1 Sooko Mojokerto. Penulis melanjutkan studi Strata 1 (S1) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan penulis mengambil bidang *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*. Selama perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Kegiatan akademik penulis yaitu sebagai grader praktikum *motor 1 phase* dan *pneumatic controller* dalam matakuliah listrik perkapalan di *Marine Electrical and Automation System Laboratory*.

Sedangkan kegiatan non-akademik penulis yaitu organisasi HIMASISKAL FTK-ITS pada tahun kedua sebagai Marine Technology and Inovation Club (METIC) dan BEM FTK-ITS sebagai staff di Badan Usaha Milik Fakultas, serta menjadi panitia sub lomba nasional Eco Solar Boat, Marine Icon 2016 dan 2017 pada tahun ketiga sebagai Kadep Badan Usaha Milik Fakultas BEM FTK-ITS, selain itu penulis juga aktif dalam mengikuti lomba Karya Tulis tingkat universitas nasional dan menjadi juara 2 dalam lomba karya tulis Nasional di Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri. Pengalaman kerja penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. Yasa Wahana Tirta Samudera, Semarang dan PT. Pertamina (persero) Shipping, Jakarta Utara. Bagi penulis, Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS merupakan salah satu tempat yang sangat istimewa dalam memperoleh ilmu dan mengembangkan soft skill.

Anggita Primaysandy Pamela Putri
Marine Engineering Department
anggitaprimaysandy@gmail.com