

SKRIPSI

**DESAIN SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN PADA KAPAL
WISATA PINISI**

Disusun dan diajukan oleh:

**FARHAH HUSENG
D091191035**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SISTEM
PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI
DESAIN SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN PADA KAPAL
WISATA PINISI

Disusun dan diajukan oleh

FARIHAH HUSENG
D091191035

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal Maret 2024

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

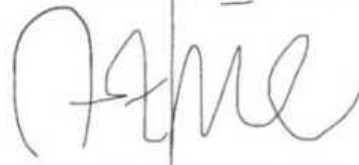
Pembimbing Utama,



Rahimuddin, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 19710825 199903 1 002

Pembimbing Pendamping,



Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D

NIP: 19790225 200112 1 001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng

NIP: 19810211 200501 1 003



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Farihah Huseng

NIM : D091191035

Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

“DESAIN SISTEM JARINGAN KELISTRIKAN PADA KAPAL WISATA PINISI”

Adalah karya tulis saya sendiri dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Maret 2024

Yang Menyatakan



Farihah Huseng



Optimized using
trial version
www.balesio.com

ABSTRAK

FARIHAH HUSENG. *Desain Sistem Jaringan Kelistrikan pada Kapal Wisata Pinisi* (dibimbing oleh Rahimuddin, S.T., M.T., Ph.D dan Hariyanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D)

Kapal pinisi adalah kapal tradisional Indonesia yang berasal dari Sulawesi Selatan yang terbuat dari kayu dan dilengkapi dengan mesin atau layar. Pembuatannya masih menggunakan teknik tradisional. Kapal Pinisi telah digunakan selama berabad-abad untuk perikanan, perdagangan, transportasi, dan layanan wisata. Meskipun telah diakui oleh UNESCO sebagai warisan dunia, sistem kelistrikan kapal pinisi masih sederhana. Sistem kelistrikan kapal sangat penting untuk operasional peralatan. Perencanaan sistem kelistrikan harus mempertimbangkan kondisi operasi kapal untuk menjaga kontinuitas tenaga listrik. Oleh karena itu, perencanaan sistem kelistrikan yang memadai diperlukan, dengan ETAP *Power Station* sebagai solusi komprehensif untuk desain, simulasi, dan analisis sistem tenaga listrik. *Software* ETAP digunakan untuk mendesain sistem jaringan kelistrikan dalam bentuk *single line diagram* yang optimal pada kapal wisata pinisi dengan mensimulasikan dan menganalisis pengaruh beban terhadap tegangan, arus, temperatur kabel, serta dampak dari *short circuit* (hubung singkat) sistem jaringan kelistrikan. Sistem jaringan kelistrikan didesain berdasarkan data hasil observasi dan wawancara yang kemudian dimodelkan menggunakan *software* ETAP agar dapat disimulasikan. Dari hasil simulasi *raceways* didapatkan bahwa penentuan kabel pada masing-masing pembebanan telah memenuhi kriteria penentuan kabel kecuali pada kondisi *full load*. Pada kondisi *full load*, terjadi *overcurrent* dan *overheat* pada beberapa kabel, diantaranya pada *cable ID* 1, 12, 22, 16, 17, 30, dan 41. Dan hasil simulasi *short circuit* mengakibatkan peningkatan arus yang sangat tinggi, berkisar 508 – 1147 A pada semua kondisi pembebanan. Ketika terjadi *short circuit* pada *guest room 1* dan *spare load chiller*, terjadi penurunan nilai tegangan yang berbeda di setiap fasanya. Sedangkan ketika terjadi *short circuit* pada *GS Pump/Fire Pump*, nilai tegangan di ketiga fasanya turun hingga di bawah 30 volt.

Kata kunci: Jaringan Kelistrikan, Tegangan, Arus, Temperatur



ABSTRACT

FARIHAH HUSENG. *Design of the Electrical Network System on the Pinisi Tourism Ship* (supervised by Rahimuddin, S.T., M.T., Ph.D dan Hariyanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D)

The Pinisi ship is a traditional Indonesian vessel originating from South Sulawesi, constructed from wood and equipped with engines or sails. Its construction still employs traditional techniques. The Pinisi ship has been used for centuries for fishing, trading, transportation, and tourism services. Although recognized by UNESCO as a world heritage, the electrical system of the Pinisi ship remains simple. The ship's electrical system is crucial for equipment operation. Planning the electrical system must consider the vessel's operational conditions to maintain power continuity. Therefore, adequate electrical system planning is necessary, with ETAP Power Station as a comprehensive solution for designing, simulating, and analyzing power systems. The ETAP software is used to design the electrical network system in the form of an optimal single-line diagram on Pinisi tourist ships, simulating and analyzing the effects of loads on voltage, current, cable temperature, and the impact of short circuits on the electrical network system. The electrical network system is designed based on observational data and interviews, then modeled using ETAP software for simulation. From the simulation results, it was found that the cable selection for each load met the criteria except under full load conditions. Under full load conditions, overcurrent and overheat occur in several cables, including cable IDs 1, 12, 22, 16, 17, 30, and 41. The simulation results of the short circuit lead to a significant increase in current, ranging from 508 to 1147 A under all loading conditions. When a short circuit occurs in guest room 1 and the spare load chiller, there is a decrease in voltage values that differ in each phase. Meanwhile, when a short circuit occurs in the GS Pump/Fire Pump, the voltage values in all three phases drop below 30 volts.

Keywords: *Electical Network, Voltage, Current, Temperature*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kapal Pinisi.....	5
2.2 Sistem Kelistrikan Kapal.....	6
2.2.1 Rangkaian Listrik.....	7
2.2.2 Jaringan Kelistrikan.....	8
2.2.3 Kuat Hantar Arus.....	10
2.2.4 Kabel.....	10
2.3 Diagram Satu Garis (<i>Single Line Diagram</i>).....	12
2.4 Software ETAP.....	12
2.4.1 Pembuatan <i>Single Line Diagram</i> pada <i>Software ETAP</i>	15
2.4.2 Aliran Daya.....	16
2.4.3 Hubung Singkat.....	17
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	18
3.1.1 Tempat Penelitian.....	18
Waktu Penelitian.....	18
Data.....	18
Data Primer.....	18
Data Sekunder.....	18



3.3 Tahapan Penelitian	19
3.3.2 Studi Literatur	21
3.3.3 Pengumpulan Data	21
3.3.4 Pemodelan Rangkaian	26
3.3.5 Simulasi	26
3.3.6 Analisa	26
3.3.7 Kesimpulan dan Saran	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1. Desain Sistem Jaringan Kelistrikan	27
4.1.1 <i>Single Line Diagram</i>	27
4.1.2 Model <i>Single Line Diagram</i> pada <i>Software</i> ETAP	28
4.2 Pengaruh Beban Terhadap Tegangan, Arus Listrik, dan Temperatur Kabel	30
4.2.1 Daya Generator	30
4.2.2 Data Daya, Tegangan, dan Arus Listrik	31
4.2.3 Data Arus Listrik dan Temperatur	32
4.2.3.1 Perhitungan Arus Listrik Untuk Penentuan Jenis Kabel yang Baru ..	44
4.2.3.2 Validasi Nilai Arus	46
4.3 Dampak <i>Short Circuit</i> Terhadap Tegangan dan Arus Listrik	47
4.3.1 Respon Tegangan	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	1
LAMPIRAN	2



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kapal Pinisi	5
Gambar 2 Listrik 3 fasa	9
Gambar 3 Kabel <i>Marine</i>	10
Gambar 4 Tampilan Lembar Kerja ETAP	13
Gambar 5 Simbol Generator pada ETAP	14
Gambar 6 Simbol Transformator pada ETAP	14
Gambar 7 Simbol Pemutus Rangkaian pada ETAP	14
Gambar 8 Simbol Beban pada ETAP	15
Gambar 9 <i>Flowchart</i> Analisis Aliran Daya dan <i>Short Circuit</i>	19
Gambar 10 <i>Flowchart</i> Analisis <i>Raceways</i>	20
Gambar 11 Tampak Atas <i>Lower Deck</i>	21
Gambar 12 Tampak Atas <i>Upper Deck</i>	22
Gambar 13 Tampak Atas <i>Main Deck</i>	22
Gambar 14 Desain Sistem Jaringan Kelistrikan	28
Gambar 15 Model <i>Single Line Diagram</i> pada <i>Software</i> ETAP	29
Gambar 16 Grafik Daya Total Beban Setiap Kondisi Pembebanan	30
Gambar 17 Tegangan pada Panel Distribusi	32
Gambar 18 Grafik Respon Tegangan Ketika Terjadi <i>Short Circuit/Fault</i> pada <i>Guest Room 1</i>	56
Gambar 19 Grafik Respon Tegangan Ketika Terjadi <i>Short Circuit/Fault</i> pada <i>GS Pump/Fire Pump</i>	57
Gambar 20 Grafik Respon Tegangan Ketika Terjadi <i>Short Circuit/Fault</i> pada <i>Navigation Room</i>	58
Gambar 21 Grafik Respon Tegangan Ketika Terjadi <i>Short Circuit/Fault</i> pada <i>FW Daily Pump</i>	59
Gambar 22 Grafik Respon Tegangan Ketika Terjadi <i>Short Circuit/Fault</i> pada <i>Guest Room 8</i>	60



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Peralatan Kelistrikan	23
Tabel 2 Total Daya Setiap Kondisi	30
Tabel 3 Data Tegangan, Arus, dan Total Daya di Setiap Panel	31
Tabel 4 Hasil Simulasi pada Kondisi <i>Cruising at Sea</i>	33
Tabel 5 Hasil Simulasi pada Kondisi <i>Anchoring</i>	35
Tabel 6 Hasil Simulasi pada Kondisi <i>Departure at Port</i>	37
Tabel 7 Hasil Simulasi pada Kondisi <i>Arrival at Port</i>	39
Tabel 8 Hasil Simulasi pada Kondisi <i>Full Load</i>	41
Tabel 9 Saran Penggantian Kabel yang Sesuai	43
Tabel 10 Perbedaan Nilai Arus Listrik	47
Tabel 11 Hasil Simulasi <i>Short Circuit</i> pada Kondisi <i>Cruising at Sea</i>	47
Tabel 12 Hasil Simulasi <i>Short Circuit</i> pada Kondisi <i>Anchoring</i>	49
Tabel 13 Hasil Simulasi <i>Short Circuit</i> pada Kondisi <i>Departure</i>	51
Tabel 14 Hasil Simulasi <i>Short Circuit</i> pada Kondisi <i>Arrival</i>	52
Tabel 15 Keadaan <i>Main Panel</i> Ketika <i>Short Circuit</i>	54
Tabel 16 Keadaan <i>Lower Pump Panel</i> Ketika <i>Short Circuit</i>	55



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
I	Kuat Hantar Arus (A)
V	Tegangan (V)
R	Hambatan (R)
P	Daya (W)
cos θ	Faktor Daya (%)
V_{rms}	Tegangan Efektif (<i>Root Mean Square</i>)
V_{line}	Tegangan Antara Dua Fasa
A	Koefisien Berdasarkan Kabel
B	Koefisien Berdasarkan Kabel
m	Pangkat (Eksponen) Berdasarkan Kabel
n	Pangkat (Eksponen) Berdasarkan Kabel
S	Luas Penampang Nominal Konduktor
P	(mm ²)
LOA	Daya (kW)
LBP	<i>Length Over All</i> (m)
LWL	<i>Length Between Perpendicular</i> (m)
B	Length Water Line (m)
H	<i>Breadth/Lebar</i> (m)
T	<i>Depth/Tinggi</i> (m)
Vs	<i>Draft/Sarat</i> (m)
RPM	Kecepatan Servis (Knot)
	Rotasi per Menit



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Brosur Generator	2
Lampiran 2 Tabel Perhitungan Daya dan Data Operasional Kapal	1
Lampiran 3 Brosur Kabel.....	1
Lampiran 4 Langkah-langkah Pembuatan <i>Single Line Diagram</i> pada <i>Software ETAP</i>	3
Lampiran 5 <i>Single Line Diagram</i>	14
Lampiran 6 Diagram Blok Sederhana.....	15
Lampiran 7 Hasil Simulasi <i>Raceways</i> pada Kondisi <i>Cruising at Sea</i>	16
Lampiran 8 Hasil Simulasi <i>Raceways</i> pada Kondisi <i>Anchoring</i>	18
Lampiran 9 Hasil Simulasi <i>Raceways</i> pada Kondisi <i>Arrival at Port</i>	20
Lampiran 10 Hasil Simulasi <i>Raceways</i> pada Kondisi <i>Departure at Port</i>	22
Lampiran 11 Hasil Simulasi <i>Raceways</i> pada Kondisi <i>Full Load</i>	24



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil 'alamiin segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat menuju peradaban yang lebih baik.

Penelitian ini merupakan persyaratan untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa skripsi yang berjudul “Desain Sistem Jaringan Kelistrikan pada Kapal Wisata Pinisi” ini masih terdapat banyak kekurangan dan kesalahan di dalamnya. Namun, terlepas dari segala kekurangan tersebut penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda (Alm) Huseng Manguluang, S.T. selaku orang tua saya yang sudah meninggal ketika saya masih menempuh pendidikan Sekolah Dasar kelas III. Semoga beliau bangga dengan perjuangan anaknya.
2. Ibunda Hj. Kasnawiah, S.Pd., M.M.Pd. yang selama ini memberikan kasih sayang, dukungan do'a secara lahir dan batin, dan segala pengorbanannya dalam memberikan pendidikan yang layak untuk masa depan.
3. Bapak Rahimuddin, S.T., M.T., Ph.D dan Ibu Haryanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan banyak waktu serta mengarahkan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
4. Ibu Hasnawiyah H., S.T., M.Eng dan Ibu Balqis Shitarahayu, S.T., M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.
6. Seluruh dosen dan staff tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas selama perkuliahan.
7. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Sistem Perkapalan angkatan 2019 khususnya Kortnozzle19 dengan segala kebersamaan, canda tawa, dan aktivitasnya.



8. Seluruh pihak yang tak sempat disebutkan satu persatu atas segala bentuk bantuannya dan perhatiannya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kapal pinisi merupakan jenis kapal tradisional Indonesia yang tepatnya berasal dari Sulawesi Selatan yang terbuat dari kayu sebagai bahan utamanya serta dilengkapi dengan alat penggerak (mesin) atau alat lainnya seperti layar (Alamsyah, 2021). Teknik pembangunan kapal kayu di Bulukumba masih menggunakan sistem tradisional sejak dahulu hingga kini, mulai dari awal peletakan lunas kapal serta konstruksi lambung kapal hingga proses peluncuran masih dilakukan secara manual. Tidak seperti pembuatan kapal pada umumnya sebagian besar kapal yang dibangun di Tanah Beru, Kabupaten Bulukumba tidak menggunakan gambar rancang bangun.

Menurut Indroyono dalam wawancara CNN Indonesia, kapal Pinisi telah digunakan selama berabad-abad untuk berbagai kegiatan seperti perikanan, perdagangan, dan transportasi. Selain itu Kapal Pinisi juga digunakan sebagai produk layanan wisata. Meskipun kapal pinisi telah digunakan sejak lama, namun sistem kelistrikan pada kapal ini masih menggunakan teknologi yang sederhana dan konvensional. Umumnya masih menggunakan perangkat-perangkat kelistrikan yang masih berbasis rumah tangga salah satunya pada perangkat kabel.

Kapal Pinisi telah menjadi warisan dunia yang telah diakui oleh UNESCO dan ditetapkan di Prancis tahun 2017. Dari segi seni pembuatannya hingga ketahanan pelayarannya mengarungi lautan dunia. Karena kemampuan dari kapal pinisi tersebut, tidak membuat kita lupa akan pentingnya keselamatan pelayaran (Akhmad, 2022).

Aspek keselamatan berlayar pada kapal menjadi faktor paling penting untuk dapat menjamin keamanan penumpang dan awak kapal. Salah satu regulasi yang berkaitan dengan keselamatan pelayaran yaitu SOLAS 74/78 yang berisi komponen keselamatan dalam desain konstruksi kapal, pencegahan kebakaran, alat-alamatan, alat-alat komunikasi, serta permesinan dan instalasi sistem n. Sistem kelistrikan di kapal merupakan suatu sistem yang sangat



berperan penting bagi pengoperasian kapal. Sistem ini merupakan hal yang paling penting sebagai sumber pengoperasian peralatan-peralatan di kapal untuk *electrical power plant*, penerangan, *internal communication and control*, *external communication*, *navigation system*, *safety system*, *electronic support system* dan perangkat kelistrikan pendukung lainnya pada kapal. Sebagian besar kapal yang membutuhkan sumber listrik yang besar, menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama generator listriknya.

Perencanaan sistem kelistrikan di kapal harus mampu menjaga kontinuitas ketersediaan tenaga listrik yang ada, sehingga dalam perencanaannya diperlukan pertimbangan-pertimbangan agar generator yang digunakan dapat melayani kebutuhan listrik secara optimal pada berbagai kondisi operasi di kapal. Kondisi operasi sebuah kapal terbagi menjadi kondisi persiapan berlayar, berlayar, bongkar muat, dan berlabuh (sandar). Dengan adanya pertimbangan kondisi operasi tersebut, maka akan diperoleh pelayanan kebutuhan tenaga listrik secara optimal dan kontinu (Sitorus, 2017).

Jika kapal tidak memiliki pemenuhan kebutuhan energi listrik pada perencanaan dan instalasi yang baik maka akan terjadi gangguan pada instalasi dan peralatan listriknya yang menyebabkan kapal mengalami kesulitan untuk beroperasi secara normal. Dan akibat terburuk dari sistem kelistrikan yang tidak optimal akan dapat membahayakan keselamatan pelayaran karena dapat menjadi sumber bahaya kecelakaan dalam pelayaran. Beberapa kemungkinan kejadian sistem kelistrikan yang berpotensi membahayakan keselamatan dikapal diantaranya adalah *overload*, *ground fault*, *earth leakage*, gangguan *power quality* hingga hubungan arus pendek. Dan peneliti menyadari bahwa salah satu faktor utama yang menjadi penyebabnya adalah tidak memenuhinya standarisasi perencanaan dan instalasi sistem kelistrikan pada kapal. Sehingga perlunya dilakukan suatu perencanaan sistem kelistrikan yang memadai.

Aplikasi komputer yang semakin berkembang saat ini sangat diperlukan dalam menyelesaikan suatu kasus perhitungan-perhitungan yang sulit dilakukan manusia dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Salah satu contohnya dalam penyelesaian perhitungan perancangan sistem kelistrikan. Dalam hal ini, kompleksitas perhitungan perancangan kelistrikan membutuhkan



pengolahan data yang akurat sehingga dapat diimplementasikan secara efisien tanpa adanya kesalahan pada proses instalasi (Indra Mustika, 2013).

ETAP *Power Station* merupakan salah satu *software* yang digunakan untuk perhitungan aliran daya dan hubung singkat pada sistem tenaga listrik. ETAP *Power Station* dapat digunakan untuk sistem tenaga listrik yang besar dan memerlukan perhitungan kompleks. ETAP sebagai program yang menawarkan solusi yang paling komprehensif untuk desain, simulasi, dan analisis pembangkitan, transmisi, dan distribusi listrik untuk sebuah sistem tenaga listrik yang besar. ETAP mengatur pekerjaan anda berdasarkan lembar proyek yang ada di ETAP. Setiap lembar proyek menyediakan semua alat yang diperlukan dan dukungan untuk pemodelan dan analisis sistem tenaga listrik. Lembar proyek terdiri dari sistem listrik yang membutuhkan seperangkat komponen listrik dan saling terinterkoneksi (Andi dan Ika, 2012).

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Masyhuri mengenai sistem jaringan kelistrikan pada Kapal Lintas Lembar-Padang Bai. Penelitian tersebut membahas fokus pada analisis kestabilan tegangan dan frekuensi terhadap generator kapal. Namun penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh temperatur dan arus listrik pada sistem jaringan kelistrikan pada Kapal Wisata Pinisi.

Perancangan sistem jaringan kelistrikan pada kapal sangat penting dalam menjamin kenyamanan dan keamanan di kapal. Dalam hal ini, untuk memastikan sistem bekerja dengan efisien dan handal, serta dapat memenuhi kebutuhan daya yang semakin meningkat di kapal, diperlukan analisis jaringan kelistrikan pada kapal menggunakan *software* ETAP.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas maka dapat dirumuskan permasalahan yang ada yaitu:

1. Bagaimana desain sistem jaringan kelistrikan untuk memenuhi kebutuhan beban listrik pada kapal wisata pinisi?
 bagaimana pengaruh beban listrik terhadap tegangan, arus listrik, dan temperatur kabel dalam sistem jaringan kelistrikan?



3. Bagaimana dampak *short circuit* terhadap tegangan dan arus listrik dalam sistem jaringan kelistrikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mendesain sistem jaringan kelistrikan yang optimal untuk memenuhi kebutuhan beban listrik pada kapal wisata pinisi.
2. Untuk mengetahui bagaimana pengaruh beban terhadap tegangan, arus listrik, dan temperatur kabel dalam sistem jaringan kelistrikan kapal wisata Pinisi.
3. Untuk mengetahui dampak *short circuit* terhadap tegangan dan arus listrik dalam sistem jaringan kelistrikan.

1.4 Manfaat Penelitian

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membutuhkan, adapun manfaat penelitian antara lain:

1. Mengoptimalkan daya yang dihasilkan generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan pada kapal pinisi.
2. Sebagai penunjang untuk penelitian-penelitian selanjutnya mengenai simulasi perancangan sistem kelistrikan pada kapal wisata pinisi.

1.5 Batasan Masalah

Terkait masalah yang timbul maka perlu adanya pembatasan masalah agar sesuai dengan permasalahan dan tujuan yang diharapkan serta dapat mempermudah dalam melakukan Analisis. Maka adapun batasan masalah yang dibahas sebagai berikut:

1. Desain sistem jaringan kelistrikan hanya sebatas desain *single line diagram*.
 dampak *short circuit* pada generator tidak dikaji
 simulasi dilakukan menggunakan *software* ETAP 19.0.1.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Pinisi

Kapal Pinisi merupakan kapal tradisional yang berasal dari Sulawesi Selatan. Meskipun termasuk kapal tradisional, kapal Pinisi ini memiliki tampilan yang tampak kuat dan megah. Kemegahan kapal Pinisi ini dapat terlihat dari ciri khasnya, yaitu memiliki dua tiang layar utama dan tujuh buah layar, yaitu tiga di ujung depan, dua di depan, dan dua di belakang.

Kapal Pinisi adalah sebuah kapal layar yang menggunakan jenis layar sekunar dengan dua tiang dengan tujuh helai layar yang mempunyai makna bahwa nenek moyang bangsa Indonesia mampu mengarungi tujuh samudera besar di dunia. Pada awalnya Kapal Pinisi pada umumnya digunakan untuk pengangkutan barang antarpulau. Namun saat ini, kapal pinisi sudah dimanfaatkan sebagai kapal pesiar untuk kegiatan wisata bahari. Kapal pinisi dibuat hanya berdasarkan pada pengalaman dan pengetahuan yang diperoleh dari nenek moyang, tanpa menggunakan gambar atau peralatan canggih.



Gambar 1 Kapal Pinisi



ari bentukannya kapal Pinisi lebih didominasi oleh garis, tali, bidang. a ciri khas dari kapal pinisi adalah bentuk dari layar kombinasi dari layar ng dipakai oleh kapal pendahulu Pinisi dengan kapal dari Eropa yang

mempunyai layar *fore* and *aft*. Sebuah perahu pinisi lengkap memakai tujuh sampai delapan helai layar: Tiga helai layar bersegitiga yang terpasang pada labrang depan tiang haluan, pada masing-masing tiangnya sehelai layar besar bersegi empat serta sehelai layar topser bersegitiga di atasnya, dan pada labrang depan tiang buritan sering terdapat lagi sehelai layar bersegi-tiga. Dengan layar-layar ini perahu pinisi menjadi sangat atraktif bagi pelaut Sulawesi. Selain itu bentuk keseluruhan dari kapal Pinisi sangat menarik untuk dipandang. (Priandhitya, 2005)

2.2 Sistem Kelistrikan Kapal

Secara mendasar, prinsip ilmu dikapal sama dengan ilmu listrik yang diterapkan didarat pada umumnya, hanya berbeda dibidang terapan yaitu konstruksi dan instalasinya. Dalam bidang konstruksi dan peralatan listrik, para perancang listrik kapal ditantang untuk menempatkan dan memasang suatu peralatan listrik sedemikian rupa sehingga tidak dapat mengganggu keselamatan orang dan kerusakan peralatan di kapal. Sementara dibidang instalasi, para perancang listrik kapal dituntut untuk membuat suatu rancangan instalasi yang efisien dan efektif sehingga diperoleh efisiensi dan efektifitas didalam pengoperasian dan pemeliharaan selama kapal tetap dioperasikan (Hendra, 2007).

Dalam sebuah kapal diharuskan memiliki *emergency* generator atau *battery*. Fungsinya adalah untuk menyuplai daya listrik ketika generator utama mengalami kerusakan. Hal ini untuk menghindari kapal dalam kondisi blackout. Daya listrik keluaran dari *emergency* generator ini biasanya akan dipusatkan menuju ke satu *Main Switch Board* (MSB). *Emergency switchboard* dan sistem *emergency distribution* daya terhubung dengan bus *tie* dari *switchboard* di kapal. Apabila sistem distribusi daya di kapal mengalami kegagalan atau gangguan, sistem *emergency distribution* akan secara otomatis berpindah dari pelayanan normal ke pelayanan dengan menggunakan *battery*. Sistem yang digunakan agar distribusi berpindah secara otomatis ke *battery* dengan menggunakan prinsip kerja acos.



di kapal dipergunakan untuk menyuplai kebutuhan operasional yang tidak terganggu saat kapal beroperasi seperti sistem navigasi, sistem komunikasi, lampu-lampu darurat. Saat terjadi *blackout* dan distribusi daya menggunakan *battery*, awak kapal segera mempersiapkan *emergency* generator untuk

menggantikan peran *battery*. Dan saat penggunaan *emergency* generator saat itu juga awak kapal mereparasi generator utama yang bermasalah. Terdapat bermacam desain untuk distribusi daya pada sistem kelistrikan di kapal tergantung tipe kapalnya (Nugroho, 2018).

Salah satu sistem penunjang kerja utama di kapal adalah sistem kelistrikan yang secara umum terdiri dari sumber daya, sistem distribusi, dan peralatan kelistrikan. Daya listrik yang tersedia digunakan untuk memenuhi kebutuhan penerangan, peralatan navigasi dan komunikasi, sistem alarm dan monitoring, pengaturan udara dan sistem refrigerasi motor pompa dan permesinan dek hingga sistem propulsi. Dalam rangka menjaga seluruh operasi di kapal agar tetap aman dan sesuai fungsinya, maka daya listrik yang disediakan generator harus memadai. Generator sebagai penyedia daya listrik utama untuk semua peralatan kelistrikan yang terpasang harus mampu bekerja secara kontinyu.

Peralatan kelistrikan di kapal secara umum dapat dikelompokkan menjadi beberapa bagian, yaitu penerangan, sistem navigasi dan komunikasi, dan peralatan kelistrikan penunjang sistem kerja di kapal. Dalam sistem kelistrikan kapal, peralatan-peralatan tersebut dapat disebut sebagai *load*, dimana load tersebut harus dipenuhi oleh generator agar dapat beroperasi sesuai fungsi.

2.2.1 Rangkaian Listrik

Rangkaian listrik merupakan suatu kumpulan komponen listrik yang saling dihubungkan dengan teknik-teknik tertentu yang paling sedikit mempunyai satu lintasan atau *loop* tertutup. Elemen atau komponen yang akan dibahas pada Rangkaian Listrik terbatas pada elemen atau komponen yang memiliki dua buah terminal atau kutub pada kedua ujungnya. Pembatasan elemen atau komponen listrik pada Rangkaian Listrik dapat dikelompokkan kedalam elemen atau komponen aktif dan pasif. Elemen aktif adalah elemen yang menghasilkan energi dalam hal ini adalah sumber tegangan dan sumber arus, Elemen lain adalah elemen



mana elemen ini tidak dapat menghasilkan energi, dapat dikelompokkan elemen yang hanya dapat menyerap energi dalam hal ini hanya terdapat komponen resistor atau banyak juga yang menyebutkan tahanan atau dengan simbol R , dan komponen pasif yang dapat menyimpan energi

juga diklasifikasikan menjadi dua yaitu komponen atau elemen yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini induktor atau sering juga disebut sebagai lilitan, belitan atau kumparan dengan simbol L , dan komponen pasif yang menyerap energi dalam bentuk medan magnet dalam hal ini adalah kapasitor atau sering juga dikatakan dengan kondensator dengan simbol C . (Suhadi, 2008; Sumardjati, 2008)

Konsep rangkaian listrik tidak jauh dari membahas Hukum Ohm dimana Pada tahun 1826, George Simon Ohm menemukan bahwa untuk konduktor logam memiliki rasio yang secara substansial konstan dari perbedaan potensial antara ujung-ujung konduktor. Hukum Ohm menyatakan bahwa arus yang mengalir dalam rangkaian listrik berbanding lurus dengan voltase yang diberikan dan berbanding terbalik dengan tahanan material. Dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

2.2.2 Jaringan Kelistrikan

a. Listrik 1 Fasa

Listrik 1 Fasa adalah jaringan listrik yang hanya menggunakan 2 kawat penghantar yang kesatu sebagai kawat fasa (L) dan yang kedua sebagai kawat neutral (N). Umumnya listrik 1 fasa bertegangan 220 – 240 volt yang digunakan banyak orang. Tegangan dalam sistem 1 fasa diukur menggunakan rumus:

$$V = I \cdot R \quad (2)$$

Biasanya listrik 1 fasa digunakan untuk listrik perumahan, namun listrik PLN di jalanan itu memiliki 3 fasa, tetapi yang masuk ke rumah kita hanya 1 fasa karena kita tidak memerlukan daya besar dan untuk peralatan dirumah kita hanya menggunakan listrik 1 fasa dengan 220 – 240 volt.

Adapun berikut adalah rumus yang digunakan dalam menghitung besaran listrik 1 fasa:

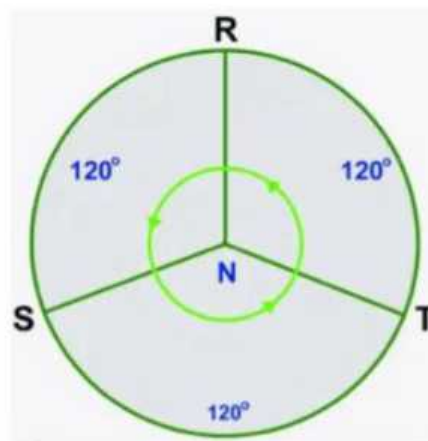
$$P = V \times I \times \cos \theta \quad (3)$$



b. Listrik 3 Fasa

Listrik 3 Fasa adalah jaringan listrik yang menggunakan tiga kawat Fasa (R, S, T) dan satu kawat neutral (N) atau sering dibilang kawat ground. Menurut istilah Listrik 3 Fasa terdiri dari 3 kabel bertegangan listrik dan 1 kabel neutral. Umumnya listrik 3 Fasa bertegangan 380 volt yang banyak digunakan Industri atau pabrik.

Listrik 3 fasa adalah listrik AC (Alternating Current) yang menggunakan 3 kawat penghantar yang mempunyai tegangan pada masing-masing Fasanya sama, tetapi berbeda dalam sudut *curvenya* sebesar 120 derajat. Jika digambarkan maka listrik 3 fasa akan terlihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2 Listrik 3 fasa
(Sumber: gudangpompa.com)

Tegangan dalam sistem tiga fasa diukur menggunakan rumus:

$$V_{rms} = \sqrt{3} \times V_{line} \quad (4)$$

Ada 2 macam tegangan listrik yang dikenal dalam sistem 3 fasa ini, yaitu: (1) Tegangan antar fasa (V_{pp} : voltage fasa to fasa atau ada juga yang menggunakan istilah *Voltage line to line*); (2) Tegangan fasa ke neutral (V_{pn} : *Voltage fasa to neutral* atau *Voltage line to neutral*).

Adapun berikut adalah rumus yang digunakan dalam menghitung besaran listrik 3 fasa:

$$P = V \times I \times \cos \theta \times \sqrt{3} \quad (5)$$



2.2.3 Kuat Hantar Arus

Kuat Hantar Arus (KHA) merupakan kemampuan sebuah kabel listrik untuk mengalirkan arus listrik. Hal ini penting dalam perancangan instalasi listrik karena menentukan seberapa besar arus yang dapat dilalui oleh kabel tersebut. KHA dapat dihitung menggunakan rumus tertentu dan merujuk pada aturan yang telah ditetapkan standar, seperti Pedoman PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik). Berikut adalah rumus perhitungan KHA berdasarkan PUIL:

$$I = A \times S^m - B \times S^n \quad (6)$$

2.2.4 Kabel

Kondisi lingkungan di kapal akan sangat berbeda dengan lingkungan di darat. Hal ini dikarenakan ruangan-ruangan yang ada di kapal dipengaruhi oleh banyak faktor seperti temperatur, kelembaban udara di dalam maupun di luar kapal, beban mekanis yang diterima, dan lain sebagainya. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi komponen yang terpasang pada sistem instalasi listrik, salah satunya kabel. Peraturan tentang kabel listrik di kapal lebih ketat dibandingkan di darat karena kabel berfungsi sebagai penghantar arus listrik.



Gambar 3 Kabel Marine
(Sumber: www.hiseacable.com)

Berdasarkan literatur yang ditulis Arya (2012), pemilihan suatu kabel sangat penting pada kajian teknis dan ekonomis yang sesuai dengan persyaratan pelayanan seperti, kekuatan mekanis, ketahanan, dan fleksibilitas



material kabel. Secara praktis, berikut adalah pertimbangan-pertimbangan yang diajukan dalam perencanaan instalasi listrik:

1. Tersedianya jenis sumber listrik dan rencana penataan.
2. Temperatur maksimum dan minimum udara sekeliling yang memungkinkan pada semua bagian instalasi listrik.
3. Kemungkinan adanya uap air atau kondisi yang menyebabkan korosi.
4. Kemungkinan adanya debu, uap, dan gas yang mudah terbakar atau meledak.
5. Derajat pengamanan mekanis yang diperlukan.
6. Kemungkinan perlunya sumber yang siap dipakai untuk tujuan umum maupun khusus.
7. Kemungkinan perlunya perubahan dan pemasangan kabel kembali selama kapal beroperasi.
8. Biaya operasi dan pemeliharaan yang diperlukan terkait dengan sistem instalasi listrik.
9. Biaya relatif yang diperlukan terkait dengan desain dan umur dari sistem instalasi listrik.

Peraturan IEEE menetapkan bahwa semua kabel harus cukup besar bagi arus yang melaluinya untuk tujuan keamanan. Pemilihan kabel yang tepat untuk setiap instalasi tergantung pada aspek-aspek dasar, antara lain:

1. Persyaratan lingkungan dan karakteristik proteksi,
2. Kapasitas pengaliran arus listrik, dan
3. Penurunan tegangan.

Arus yang mengalir pada sebuah penghantar akan menghasilkan kalor. Pertambahan kalor sebanding dengan tahanan kabel yang bergantung pada luas penampang kabel tersebut. Panas yang berlebih dapat merusak isolasi, hal ini akan mengurangi tingkat keamanan dari kabel tersebut. Contoh kondisi yang terjadi akibat isolasi yang rusak adalah hubungan arus pendek, sehingga ukuran ar harus sesuai untuk mencegah terjadinya hal ini.



2.3 Diagram Satu Garis (*Single Line Diagram*)

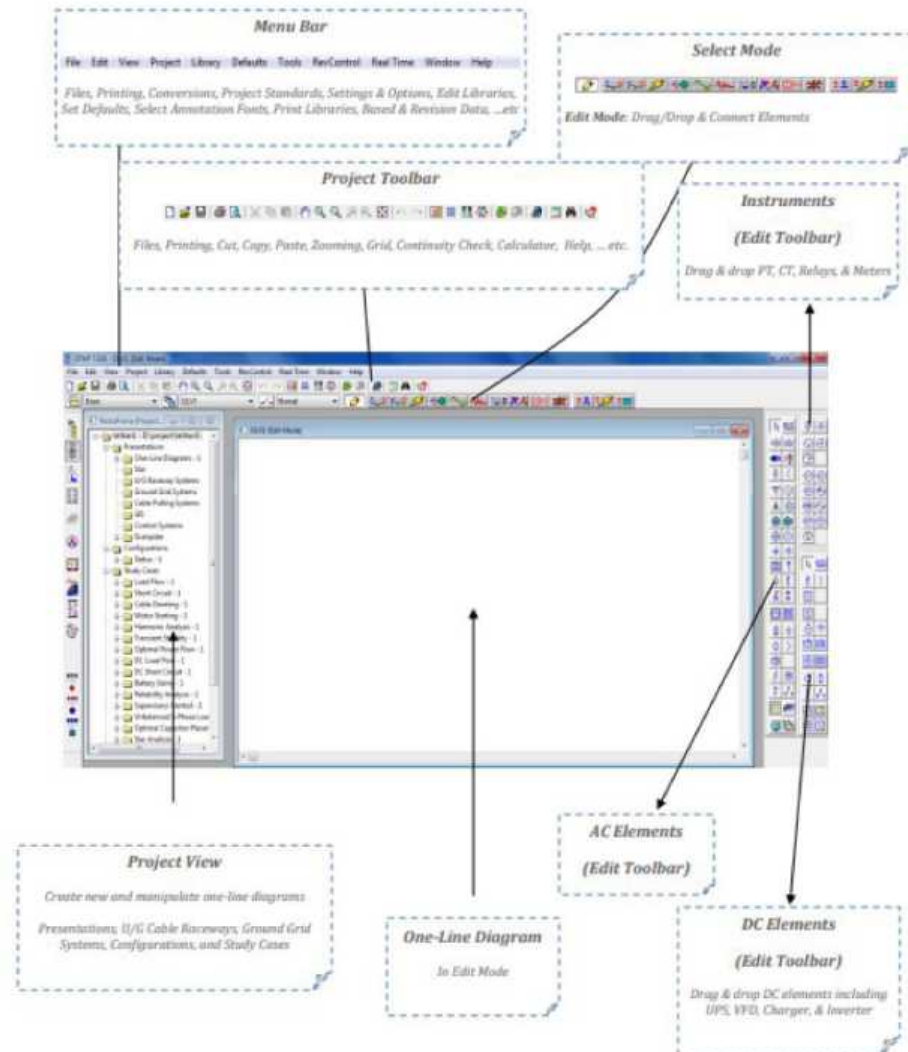
Diagram satu garis (*single line diagram*) sering juga disebut dengan diagram garis tunggal (*single line diagram*). Diagram satu garis merupakan diagram dari suatu sistem tenaga listrik yang disederhanakan. Dengan suatu garis tunggal dan lambang standar, diagram segaris menunjukkan saluran transmisi dan peralatan-peralatan yang berhubungan dari suatu sistem tenaga listrik. Kegunaan dari sistem segaris adalah untuk memberikan keterangan-keterangan yang penting tentang sistem tenaga listrik dalam bentuk ringkas.

Dalam menganalisa tenaga listrik, suatu diagram satu garis (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga listrik tiga fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, digunakanlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram maupun analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti pemutus rangkaian, transformator, kapasitor, bus bar, dan konduktor lain dapat ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri-kekanan yang sama, atas-ke-bawah, sebagai saklar, atau peralatan lainnya yang diwakili. Beberapa elemen yang digunakan dalam suatu diagram saluran tunggal adalah Generator, Transformator, Pemutus Tenaga, dan lain-lain. (Wijayanto, Soeprijanto and Penangsang, 2012)

2.4 Software ETAP

ETAP (*Electric Transient and Analysis Program*) merupakan suatu perangkat lunak yang mendukung sistem tenaga listrik. Perangkat ini mampu bekerja dalam keadaan *offline* untuk simulasi tenaga listrik, *online* untuk penegelolaan data *real-time* atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara *real-time*. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur untuk menganalisa pembangkitan tenaga listrik, sistem transmisi distribusi tenaga listrik.





Gambar 4 Tampilan Lembar Kerja ETAP

Analisa tenaga listrik yang dapat dilakukan ETAP antara lain:

- Analisa aliran daya (*Load Flow*)
- Analisa hubung singkat (*Short Circuit*)
- Arc Flash Analysis*
- Analisa kestabilan transien, dll

Dalam menganalisis tenaga listrik, suatu diagram saluran tunggal (*single line diagram*) merupakan notasi yang disederhanakan untuk sebuah sistem tenaga a fasa. Sebagai ganti dari representasi saluran tiga fasa yang terpisah, nlah sebuah konduktor. Hal ini memudahkan dalam pembacaan diagram dalam analisa rangkaian. Elemen elektrik seperti misalnya pemutus i, transformator, kapasitor, bus bar maupun konduktor lain dapat



ditunjukkan dengan menggunakan simbol yang telah distandardisasi untuk diagram saluran tunggal. Elemen pada diagram tidak mewakili ukuran fisik atau lokasi dari peralatan listrik, tetapi merupakan konvensi umum untuk mengatur diagram dengan urutan kiri ke kanan yang sama, atas ke bawah, sebagai saklar atau peralatan lainnya diwakili.

ETAP memiliki 2 macam standar yang digunakan untuk melakukan analisa kelistrikan, ANSI dan IEC. Pada dasarnya perbedaan yang terjadi di antara kedua standar tersebut adalah frekuensi yang digunakan, yang berakibat pada perbedaan spesifikasi peralatan yang sesuai dengan frekuensi tersebut. Simbol elemen listrik yang digunakan dalam analisa dengan menggunakan ETAP pun berbeda.

Beberapa elemen yang digunakan dalam suatu diagram saluran tunggal adalah:

a. Generator

Merupakan mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tenaga listrik.



Gambar 5 Simbol Generator pada ETAP

b. Transformator

Berfungsi untuk menaikkan maupun menurunkan tegangan dengan rasio tertentu sesuai dengan kebutuhan sistem tenaga listrik.



Gambar 6 Simbol Transformator pada ETAP

c. Pemutus Rangkaian

Merupakan sebuah saklar otomatis yang dirancang untuk melindungi sebuah rangkaian listrik dari kerusakan yang disebabkan oleh kelebihan beban atau hubungan pendek.



Gambar 7 Simbol Pemutus Rangkaian pada ETAP



d. Beban

Di ETAP terdapat dua macam beban, yaitu beban statis dan beban dinamis.



Gambar 8 Simbol Beban pada ETAP

2.4.1 Pembuatan *Single Line Diagram* pada *Software ETAP*

Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan *Single Line Diagram* pada *Software ETAP*: (lampiran 4)

1. File → New Project
2. Beri nama file dan pilih direktori folder penyimpanan → **OK**
3. Isi nama User → **OK** → Muncul Lembar Kerja
4. Klik *Generator* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya.
5. Klik dua kali pada *Generator*, lalu isikan data pada tab Info dan Rating seperti gambar di bawah → **OK**
6. Klik *Bus* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Lalu klik ujung *Generator* ke *Bus* untuk menghubungkannya. *Bus* berfungsi sebagai *panel box*.
7. Klik *Bus* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. *Bus2* digunakan sebagai *Main panel*.
8. Klik *cable* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Lalu hubungkan *cable* tersebut dari *bus1* ke *bus2*.
9. Klik dua kali pada *cable*, lalu isi data pada tab info dan mengganti nilai-nilai pada tab Physical dan Impedance.



10. Klik *Bus* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Buat 4 *bus* yang digunakan sebagai panel distribusi ke tiap *deck*.

11. Klik *cable* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Buat 4 *cable*, lalu hubungkan *cable* tersebut dari *bus2* ke panel distribusi tiap *deck*.
12. Isi data *cable* seperti pada poin 9.
13. Klik *static load* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Buat 3 *static load* 1 phasa, lalu hubungkan dengan *bus*.
14. Klik dua kali pada *static load*, lalu isi data pada tab *loading*.
15. Klik *Phasa Adapter* pada *AC element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Letakkan *Phasa Adapter* diantara *Bus* dengan *static load*.
16. Buat *Static Load* pada masing-masing panel distribusi sesuai desain yang telah ada.
17. Klik *Induction Machine* satu kali pada *AC element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya.
18. Klik dua kali *Induction Machine*, lalu isi data pada tab *Nameplate*.
19. Klik *cable* satu kali pada *AC Element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Letakkan di mana saja yang menggunakan *cable* pada rangkain yang akan dibuat.
20. Klik *Low Voltage Circuit Breaker (LVCB)* satu kali pada *AC element*, lalu klik satu kali pada *One Line Diagram* untuk meletakkannya. Letakkan di mana saja yang menggunakan LVCB.
21. Rangkailah *Single Line Diagram* sesuai desain yang akan disimulasikan.

2.4.2 Aliran Daya

Pada sistem kelistrikan, daya mengalir dari pusat pembangkitan menuju beban dengan melalui cabang-cabang yang berbeda pada jaringan. Analisis aliran beban ini sangat penting dilakukan pada saat perancangan pengembangan sistem tenaga listrik dimasa yang akan datang. Analisis ini dilakukan untuk melihat efek-
 rkoneksi sistem yang ada dengan sistem baru, beban yang baru, pusat kitan listrik yang baru, jaringan transmisi yang baru, sebelumnya



semuanya beroperasi agar kualitas sistem kelistrikan yang ada nanti akan sesuai dengan standar yang ada.

Studi aliran daya atau *load flow study* adalah suatu studi yang mempelajari aliran daya pada suatu sistem kelistrikan dari suatu titik ke titik lain dan tegangan pada bus-bus yang berada pada sistem tersebut. Studi aliran daya ini bertujuan untuk mengetahui komponen jaringan sistem tenaga listrik pada umumnya, untuk mengetahui tegangan bus, sudut fasa, daya aktif dan reaktif yang mengalir melalui jaringan, generator, setting transformator, dan beban pada saat keadaan *steady state*.

2.4.3 Hubung Singkat

Hubung singkat merupakan suatu gangguan yang sering terjadi pada sistem tenaga listrik. Gangguan ini dapat terjadi karena beberapa hal diantaranya akibat sambaran petir, kebocoran isolasi, dan kerusakan peralatan. Gangguan hubung singkat dapat mengakibatkan hal yang sangat merugikan karena dapat mengalirkan arus yang sangat besar pada titik hubung singkat. Aliran arus yang besar ini membuat sistem menjadi tidak stabil. Jika peralatan yang terdapat pada titik gangguan tidak dapat menahan lonjakan arus yang besar tersebut maka akan menyebabkan kerusakan yang berkelanjutan pada tiap peralatan lain. Arus besar yang mengalir menuju titik gangguan merupakan arus kontribusi dari generator dan motor yang terhubung pada sistem (Saadat, H., 2002).

Korseleting listrik (hubung singkat) terjadi karena adanya hubungan kawat positif dan kawat negatif yang beraliran listrik. Hal ini karena isolasi kabel rusak yang disebabkan gigitan binatang, sudah tua, mutu kabel jelek dan penampang kabel terlalu kecil yang tidak sesuai dengan beban listrik yang mengalirinya. Kemudian di sekitar terjadinya percikan api isolasi kabel sudah mencapai titik bakar.

